ISBN 978-9929-40-493-9

Università di Palermo

Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América

Cooperazione Italiana

EXPERIENCIAS EN ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD NATURAL EN CENTRO AMÉRICA

Guatemala, El Salvador y Nicaragua

ESPERIENZE IN ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ NATURALE IN CENTRO AMERICA

Guatemala, El Salvador e Nicaragua



USAC UNAN UES CNR/IGG

ISBN 978-9929-40-493-9

Università di Palermo

Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América

Cooperazione Italiana

EXPERIENCIAS EN ANÁLISIS DE LA PELIGROSIDAD NATURAL EN CENTRO AMÉRICA

Guatemala, El Salvador y Nicaragua

ESPERIENZE IN ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ NATURALE IN CENTRO AMERICA

Guatemala, El Salvador e Nicaragua

USAC

UNAN

UES

CNR/IGG

RED INTERUNIVERSITARIA EN ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL EN CENTRO AMÉRICA

RETE INTERUNIVERSITARIA IN ANALISI E VALUTAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ NATURALE IN CENTRO AMERICA

COORDINACIÓN DEL PROYECTO / *COORDINAMENTO DI PROGETTO*

UNIPA- UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO (ITALIA)
Coordinadores: **Giuseppe Giunta**
Pasquale Assennato

PARTICIPANTES / *PARTECIPANTI*

UES – UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
Coordinadores: **Miguel Hernández**
Reynaldo López

USAC – UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Coordinadores: **Giovanna Maselli**
Carlos Valladares

UNAN – UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA
Coordinadores: **Marvin Valle**
Dionisio Rodríguez

CNR/IGG – CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE, PISA (ITALIA)
Coordinadores: **Antonio Caprai**
Sonia Tonarini

ACUERDOS MARCO / *ACCORDI QUADRO*

UNIPA-SICA
Sistema de la Integración Centroamericana

UNIPA-CSUCA
Consejo Superior Universitario Centroamericano

COLABORACIONES Y PROTOCOLOS / *COLLABORAZIONI E PROTOCOLLI*

CEPREDENAC
Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central

CONRED
Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres en Guatemala

INETER
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

INSIVUMEH
Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala

MARN
Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador

Protección Civil de El Salvador

SINAPRED
Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres en Nicaragua

UNAH
Universidad Nacional Autónoma de Honduras

Vice Ministerio de Ciencia y Tecnología de El Salvador

AUTORES / *AUTORI*

Benedetto Abate
Valerio Agnesi
Chiara Cappadonia
Antonio Caprai
Christian Conoscenti
Eliana Esposito
Giuseppe Giunta
Miguel Hernández
Reynaldo López
Giovanna Maselli
Silvia Orioli
Sabina Porfido
Dionisio Rodríguez
Edoardo Rotigliano
Silvio Rotolo
Attilio Sulli
Marvin Valle
Crescenzo Violante

APORTES / *CONTRIBUTI*

Rhina Castellón
Oscar Elvir
Federico Geremei
Nabil Kawas
Raúl Monterroso
Susana Palma
Ilaria Picilli
Luigi Pierleoni
Rosa Sánchez
Lidia Torres
CONRED

COORDINACIÓN EDITORIAL / *COORDINAMENTO EDITORIALE*
Giuseppe Giunta
Giovanna Maselli

EDICIÓN IMPRESA / *EDIZIONE A STAMPA*
Giovanna Maselli

EDICIÓN DVD / *EDIZIONE DVD*
Miguel Hernández
Giovanna Maselli

TRADUCCIÓN / *TRADUZIONE*
Silvio Vargas (USAC) con la colaboración de **Paola Turchetta**

REVISIÓN / *REVISIONE*
Benedetto Abate
Giovanna Maselli
Attilio Sulli

DIAGRAMACIÓN Y DISEÑO GRÁFICO / *IMPAGINAZIONE*
Aracely Barrera
Isabel Corado
Unidad de Divulgación y Comunicación, Facultad de Arquitectura USAC, Guatemala

IMPRENTA / *STAMPA*
EDITORIAL SERVIPRENSA S.A. - (USAC - Guatemala)

PRODUCCIÓN DVD / *PRODUZIONE DVD*
Ing. Ana Cristela Gutiérrez Pérez (UES-El Salvador)

IMAGEN DE PORTADA / *IMMAGINE DI COPERTINA*
Autor desconocido, Nicaragua

IMAGEN DE CONTRAPORTADA / *QUARTA DI COPERTINA*
José Efraín Benítez, volcán San Miguel, El Salvador

AGRADECIMIENTOS / *RINGRAZIAMENTI*

Se agradece el apoyo y la colaboración de las instituciones nacionales y regionales que aportaron en el desarrollo del proyecto, inclusive previo a la formulación del mismo:

CSUCA - Consejo Superior Universitario Centroamericano
SICA – Sistema de Integración Centroamericana
CEPREDENAC - Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central
MARN - Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador
MINED – Ministerio de Educación de El Salvador
SEGEPLAN – Secretaría de Planificación y Programación de Guatemala
Centro de Monitoreo Integrado de Amenazas Naturales de El Salvador
Protección Civil de El Salvador
INSIVUMEH – Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala
CONRED – Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres en Guatemala
SINAPRED – Sistema Nacional para la Prevención de Desastres en Nicaragua
INETER - Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

Se agradece a los colegas y amigos que han colaborado de una u otra manera a lo largo del desarrollo del proyecto: **Mario Ceballos** (USAC), **Susana Palma** (USAC), **Byron Mota** (Cementos Progreso), **Magali Tercero** (USAC), **Juan José López** (Dante Alighieri), **Herlinda Handal** (MINED), **Herman Rosa Chávez** (MARN), **Daisy López** (ex SNET), **Francisco Barahona** (UES), **Rafael Cartagena** (UES), **Francisco Guzmán** (UNAN) y al Instituto Italo Latino Americano (IILA) con su directora **Simonetta Nannerini**.

Un agradecimiento muy especial para:
La Cooperazione Italiana allo Sviluppo: **Giampaolo Cantini** (Director General) y su predecesor **Elisabetta Belloni**; **Guido Bilancini** (responsable Oficina Territorial) y su predecesor **Alessandro Gaudiano**; **Pierfrancesco Zazo** (Director Unidad Técnica Central); **Rita Gonelli** (Directora Unidad Técnica Local de Centroamérica) y sus predecesores **Ketty Tedeschi**, **Stefania Cametti**, **Emanuela Benini**.

Los Embajadores de la República Italiana: en El Salvador, **Tosca Barucco** y su predecesor **Caterina Bertolini**; en Guatemala, **Fabrizio Pignatelli** y a la memoria de su predecesor **Mainardo Benardelli**; en Nicaragua, **Renato Ricci** y sus predecesores **Fabrizio Mazza** y **Antonio d'Andria**; en Honduras **Giovanni Adorni Braccesi**.

A los Embajadores de El Salvador, Guatemala, Nicaragua y Honduras en Italia.

Un sincero agradecimiento a las autoridades académicas de las Universidades que integran la Red: UES – El Salvador, en particular al Rector **Mario Nieto Lovo** y su predecesor **Rufino Quezada**; USAC – Guatemala, al Rector **Estuardo Gálvez** y en particular al Secretario General **Carlos Alvarado**; UNAN – Nicaragua, al Rector **Elmer Cisneros** y en particular a su predecesor **Francisco Guzman**.

Un connotado reconocimiento a **Roberto Lagalla**, Rector de la Università di Palermo (UNIPA), quien ha favorecido por todos los medios el desarrollo del proyecto, junto con el delegado **Pasquale Assennato,** la oficina de Relaciones Internacionales de UNIPA, y el Dipartimento Scienze della Terra e del Mare.

Al final se agradece a todos los profesores y estudiantes de las maestrías y curso de especialización de las Universidades centroamericanas quienes participaron con sus valiosos aportes para alcanzar los objetivos del proyecto con resultados satisfactorios.

INDICE

PRESENTACIONES / ***PRESENTAZIONI*** I
INTRODUCCIÓN / ***INTRODUZIONE*** IX
FICHA DEL PROYECTO / ***SINTESI DEL PROGETTO*** XV
MAESTRIAS Y CURSO DE ESPECIALIZACIÓN / ***MASTER E CORSO DI SPECIALIZZAZIONE*** XXIII
LA NUEVA MAESTRIA REGIONAL EN LA UES / ***IL NUOVO MASTER REGIONALE NELLA UES*** XXXI
COLABORACION INSTITUCIONALES Y SINERGIAS / ***COLLABORAZIONI ISTITUZIONALI E SINERGIE*** XLI

Capítulo 1 / ***Capitolo 1*** 1
GEOGRAFÍA Y CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA REGIÓN
GEOGRAFIA E CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DELLA REGIONE
Capítulo 2 / ***Capitolo 2*** 9
GEOLOGÍA Y TECTÓNICA
GEOLOGIA E TETTONICA
Capítulo 3 / ***Capitolo 3*** 51
AMENAZA SÍSMICA
PERICOLOSITÀ SISMICA
Capítulo 4 / ***Capitolo 4*** 115
AMENAZA VOLCÁNICA|
PERICOLOSITÀ VULCANICA
Capítulo 5 / ***Capitolo 5*** 165
AMENAZA HIDROGEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA
PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA
Capítulo 6 / ***Capitolo 6*** 211
AMENAZA DE TSUNAMI
PERICOLOSITÀ DI TSUNAMI
Capítulo 7 / ***Capitolo 7*** 235
LA NUEVA FRONTERA DE LOS PRECURSORES
LA NUOVA FRONTIERA DEI PRECURSORI
Capítulo 8 / ***Capitolo 8*** 259
PRINCIPALES EVENTOS OCURRIDOS
PRINCIPALI EVENTI
Capítulo 9 / ***Capitolo 9*** 319
APLICACIONES DE INVESTIGACIÓN EN ÁREAS DE RIESGO
APPLICAZIONI DI RICERCA IN AREE DI RISCHIO
Capítulo 10 / ***Capitolo 10*** 377
APORTES Y SINERGIAS
CONTRIBUTI E SINERGIE
Capítulo 11 / ***Capitolo 11*** 429
LA COMUNICACIÓN
LA COMUNICAZIONE
Capítulo 12 / ***Capitolo 12*** 445
EXPERIENCIAS DEL PROYECTO EN EL SALVADOR, GUATEMALA Y NICARAGUA
ESPERIENZE DEL PROGETTO IN SALVADOR, GUATEMALA E NICARAGUA

ARTÍCULOS CITADOS / ***LAVORI CITATI*** 457

Presentaciones

Presentazioni

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

Il progetto di rete italo-centroamericana in Analisi e Valutazione della Pericolosità Naturale in Centroamerica, finanziato dalla Direzione Generale per la Cooperazione allo Sviluppo (DGCS) del Ministero degli Affari Esteri italiano, - di cui l'Università di Palermo è capofila di analoghe istituzioni centroamericane, quali la Universidad de El Salvador (UES), la Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), la Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua (UNAN-Managua) e, ultimamente, la Universidad Nacional Autonoma de Honduras (UNAH), con la collaborazione del CNR-IGG di Pisa - rappresenta un importante tassello nella pluriennale attività di collaborazione tecnico-scientifica con l'America Latina.

Si tratta di una rilevante iniziativa a carattere internazionale che valorizza l'impegno della Cooperazione Italiana e la presenza accademica del nostro Paese oltreoceano, con l'obiettivo di contribuire all'ulteriore qualificazione dei laureati centroamericani nello specifico settore della tutela del territorio e della prevenzione dai rischi da calamità naturali.

Il contestuale coinvolgimento di più Paesi dell'America istmica conferisce al progetto una reale ed efficace valenza regionale che, in territori spesso funestati da catastrofi ambientali, ne amplifica l'impatto operativo e i risultati attesi nel breve e nel più lungo periodo.

Attraverso lo svolgimento di master e corsi di specializzazione, condotti in stretta collaborazione tra docenti italiani e centroamericani, è stato possibile realizzare percorsi formativi che hanno permesso l'inserimento di nuove ed accresciute competenze professionali nei sistemi pubblici locali di gestione del territorio, con intuibili e favorevoli ricadute sulle politiche di salvaguardia ambientale e di prevenzione dai rischi per la popolazione.

Il riconoscimento reciproco del titolo accademico conseguito a seguito della frequenza, in Italia e Centro-America, di analogo master universitario rappresenta uno speciale valore aggiunto del progetto, in quanto propedeutico ad ancor più proficui scambi internazionali di esperienze e all'accesso di specialisti centroamericani nei dottorati di ricerca promossi dal sistema universitario italiano.

Il presente volume, oltre a contenere la storia del progetto, ne raccoglie le attività accademico-scientifiche già svolte – e, in parte, ancora in corso - e costituisce, al contempo, un utile manuale destinato agli operatori ed esperti del settore, suscettibile di ulteriori aggiornamenti a seguito delle azioni formative che le Università centroamericane proseguiranno nel futuro, sulla base del modello fin qui sperimentato in collaborazione con il partner italiano.

All'esito di una così significativa esperienza di cooperazione accademica internazionale non può che accompagnarsi l'apprezzamento per la disponibilità e l'impegno, operoso e proficuo, dimostrato, nella circostanza, dalle Università della rete centroamericana e, in particolare, dalla Universidad de El Salvador che ha assunto, in sede regionale, un significativo ruolo di promozione e coordinamento dell'iniziativa.

Si è trattato, al di là dei proficui risultati conseguiti sul piano tecnico-scientifico, di una importante occasione di confronto e di cooperazione tra comunità accademiche appartenenti a Paesi geograficamente lontani e con attitudini metodologiche talvolta differenti, avendo a risultato una più compiuta integrazione internazionale nell'ambito dell'istruzione superiore e della ricerca.

Nell'augurare ai discenti coinvolti nel progetto ogni affermazione professionale, nell'interesse dei rispettivi Paesi di provenienza, mi sia consentito esprimere un particolare apprezzamento al Ministero degli Affari Esteri della Repubblica Italiana che, attraverso la DGCS, ha reso possibile la realizzazione del progetto, confermando - nonostante le difficoltà connesse alla situazione congiunturale – la grande e secolare tradizione di presenza italiana nei Paesi in via di sviluppo, nel segno della solidarietà e della valorizzazione dei temi strategici della formazione e della ricerca scientifica.

Alle Istituzioni pubbliche, alle Università e ai Docenti tutti, impegnati nel progetto in Italia e nei Paesi dell'America istmica, rivolgo, infine, uno speciale ringraziamento per il determinante contributo fornito all'iniziativa che ha trovato, presso l'Università di Palermo, la competente ed appassionata guida scientifica ed organizzativa del Prof. Giuseppe Giunta.

A questo volume – che oggi viene dato alle stampe – l'augurio di costituire ulteriore testimonianza della presenza accademica italiana nel mondo e della convinta volontà di internazionalizzazione del sistema universitario del nostro Paese.



Roberto Lagalla
Rettore
Università degli Studi di Palermo

Ante un mundo expuesto a variables climáticas y sociales que generan riesgos que amenazan la seguridad de los habitantes, la región centroamericana, por su condición geográfica, es una de las más expuestas a este tipo de eventos a nivel mundial. Tanto en el ámbito rural, como en el urbano, estos eventos además de propiciar pérdidas humanas, inciden directamente como un obstáculo al desarrollo integral de muchas comunidades, al ocasionar pérdida de infraestructura destinada a la movilidad de personas así como de bienes y servicios.

Como una respuesta a esta problemática, la USAC, atendiendo a su misión constitucional, ha trabajado bajo la filosofía de acción académica y compromiso social, además de las universidades que forman parte de esta Red Centroamericana, las cuales se han integrado a través de una eficiente gestión del conocimiento que ha permitido la articulación de la trilogía: investigación, docencia y extensión, ejes fundamentales que han propiciado el análisis, la reflexión y el debate científico para interpretar las dinámicas físico ambientales que inciden en el fenómeno. Todo ello ha sido posible gracias a un largo proceso de cooperación con la Universidad de Palermo y se sintetiza en esta publicación, la cual se pone desde ya a disposición de investigadores, organizaciones civiles, entidades estatales, agencias de desarrollo y gobiernos locales como una útil herramienta en los procesos de planificación y gestión de asentamientos humanos y del territorio.

Por último, pero no menos importante, es oportuno agradecer el apoyo obtenido en este proceso por parte de la Cooperación Italiana para el Desarrollo, la Universidad de Palermo y el Consejo Nacional de Investigaciones de Italia -CNR/IGG-, así como el Consejo Superior Universitario Centroamericano y cada una de las universidades integrantes, quienes de forma articulada han logrado, a través de la Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centroamérica, una integración centroamericana con interacción internacional, propiciando que el conocimiento científico se valide en un ámbito global para contribuir en la búsqueda de soluciones a problemas locales.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



Estuardo Gálvez
Rector
Universidad de San Carlos de Guatemala

Universidad de El Salvador

Hacia la libertad por la cultura

El Salvador, a pesar de ser un país territorialmente pequeño, está expuesto a múltiples amenazas naturales desde terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, inundaciones, huracanes y sequías prolongadas sin escapar los efectos del cambio climático; causando cuantiosas pérdidas humanas, económicas, culturales y ambientales a un país en vías de desarrollo, lo cual afecta siempre en mayor medida a las poblaciones económicamente más vulnerables.

La importancia de preparar profesionales de alto nivel de conocimiento técnico científico, que puedan analizar, estudiar y entender estos fenómenos naturales es prioritario para el país, ahí radica la relevancia que la Universidad de El Salvador brinda a todas las acciones que contribuyan a la reducción de desastres, mediante la docencia, proyección social e investigación científica; adicionando a la fortaleza de contar con apoyo de las universidades miembros de esta Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de Peligrosidades Naturales en Centroamérica.

La apuesta estratégica hacia el desarrollo de la primera Maestría Regional en Evaluación de Peligrosidades Naturales en El Salvador, sustentada fuertemente con la experiencia profesional de maestros de la Universidad de Palermo y el Instituto de Geociencias y Georecursos de Pisa, Italia, Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Managua, ha sido una de las acciones concretas con la cual la Universidad de El Salvador aporta al crecimiento de la ciencia y tecnología en materia de Gestión de Riesgos para reducir los desastres en la Región, intervención que se ve fortalecida con los estudios que desarrollarán los estudiantes de dicha maestría, quienes representan a instituciones vinculadas con esta temática en El Salvador, Guatemala y Nicaragua.

El documento que se presenta en esta oportunidad, es el resultado de la recopilación de información sobre los principales riesgos a los que está expuesta la Región Centroamericana y ha sido elaborado considerando la necesidad de disponer de información técnica e histórica, con un incalculable valor para el desarrollo de planes de gestión en los territorios más vulnerables de cada país.

Finalmente, reitero el compromiso de nuestra institución, para aportar a la resolución de problemáticas y necesidades de país por medio de la investigación científica y transferencia del conocimiento hacia las personas que viven en condiciones de alta vulnerabilidad a las amenazas naturales, ellas son la razón de ser de este libro.

Con un agradecimiento infinito al pueblo de Italia, quienes colaboran para que encontremos el camino hacia una Región Centroamericana más segura y preparada.

"HACIA LA LIBERTAD POR LA CULTURA"



Mario Nieto Lovo
Rector
Universidad de El Salvador

Universidad Nacional
Autónoma de Nicaragua - Managua

La región centroamericana se caracteriza por la alta ocurrencia de fenómenos naturales extremos, tanto de origen geológico como hidrometerológico. En su posición geográfica y ambiente geológico está el origen de estos fenómenos, sean estos sismos, erupciones volcánicas, huracanes, inundaciones, deslizamientos de terreno, etc., los que con una considerable frecuencia causan la pérdida irreparable de numerosas vidas humanas y cuantiosas pérdidas materiales.

Hasta hace pocos años, no existían en la región organismos encargados de manera permanente de abordar el problema de estos fenómenos y sus consecuencias: los desastres. La tendencia general era formar comisiones o comités de emergencia después de la ocurrencia e impacto de alguno de estos fenómenos. Sin embargo, esta situación se ha venido modificando, particularmente en Nicaragua con la participación del Gobierno de la República a través de los organismos competentes en la materia así como la academia universitaria.

En consecuencia, la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA (UNAN-Managua)**, a través del Instituto de Geología y Geofísica **(IGG – CIGEO/UNAN-Managua)**, desde el año 2004 ha venido desarrollando el programa de Maestría Centroamericana en **Evaluación de Riesgos y Reducción de Desastres**, el que está aportando profesionales especializados para la región, fortaleciendo con ello la toma de conciencia del tratamiento que requiere este tema de trascendencia vital. En esta responsabilidad la cooperación italiana ha estado presente aportando recursos de manera incondicional.

Esta obra que tiene ante sus ojos refleja los resultados y experiencia del trabajo relacionado con la evaluación y reducción de los principales riesgos a los que está expuesta la región centroamericana, conjugándose en ello lo académico, científico-técnico e investigativo.

Nuestra eterna gratitud al gobierno y pueblo de Italia por colaborar para que encontremos el camino hacia una región más segura y preparada; igualmente, a los autores de esta valiosa obra la que constituye un significativo aporte a la calidad y compromiso social de esta alma máter.



Elmer Cisneros Moreira
Rector
UNAN-Managua

Este proyecto, apoyado financieramente por la Cooperación Italiana para el Desarrollo, constituye una red interuniversitaria entre las universidades de Palermo (Italia), Universidad de San Carlos de Guatemala, Universidad de El Salvador, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua, y el Instituto Geo-ciencias y Geo-recursos del Consejo Nacional de las Investigaciones de Pisa (CNR/IGG).

Su principal objetivo es mejorar el sistema universitario público centroamericano en análisis de los fenómenos naturales y evaluación de la peligrosidad sísmica, volcánica, geomorfológica, para la reducción de la vulnerabilidad y la gestión territorial integral de Guatemala, El Salvador y Nicaragua.

El proyecto se inició en noviembre del 2009 con reuniones para la planificación de las actividades a desarrollarse en cada país y el fortalecimiento de los programas de Maestrías en la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua, y un curso de especialización en la Universidad de El Salvador

La Secretaría General del Consejo Superior Universitario, como socio del proyecto, tuvo participación en la dirección administrativa, especialmente en la coordinación, supervisión y elaboración de los informes integrados, de las actividades financieras de las tres universidades involucradas en el proyecto.

También se participó en las reuniones de coordinación académica, conjuntamente con los coordinadores de cada universidad, constituyéndose en canal de comunicación entre la coordinación general del proyecto y las autoridades universitarias, lo que permitió el buen desarrollo y resultados positivos del proyecto en el plano académico.

En representación de la Confederación Universitaria Centroamericana (CSUCA), dejamos constancia de nuestro agradecimiento a la Cooperación Italiana para el Desarrollo, a la Universidad de Palermo y especialmente al Prof. Giuseppe Giunta, por su dedicación y acertada coordinación del proyecto.



Juan Alfonso Fuentes Soria
Secretario General CSUCA

Introducción

Introduzione

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

El área de Centroamérica, zona de conjunción entre Norte y Sur América, es una de las regiones del mundo más asoladas por desastres naturales, como terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, aluviones e inundaciones, que desde tiempos lejanos han dejado víctimas y han producido daños con elevado costo económico y social.

La cultura de "riesgo" ha ido necesariamente ganando un lugar destacado en las agendas de los gobiernos centroamericanos junto al intento de regionalizar la defensa y la mitigación de los daños, en especial debido a la presión de los acontecimientos, a menudo difíciles de manejar por la intensidad y las dimensiones territoriales.

La cooperación internacional interviene, a pesar de una insuficiente coordinación en la ayuda a la región, especialmente en términos de la gestión de desastres y la preparación de la población de las áreas menos protegidas.

También las universidades, cada vez más sensibles a la temática de los riesgos naturales, a pesar de las diferencias en la organización y de su impacto en los ámbitos territoriales, intentan poner en práctica el proceso educativo como una herramienta eficaz para hacer conciencia social de la gravedad de los problemas asociados a los fenómenos naturales.

Desde hace algunos años ha estado operando el proyecto financiado por la Cooperación Italiana para el Desarrollo "Red interuniversitaria regional Italo-Centroamericana en análisis de los fenómenos naturales para la evaluación de la peligrosidad en Centro América", de la cual la Universidad de Palermo (UNIPA) es líder de algunas universidades de Centroamérica, entre ellas: Universidad de El Salvador (UES), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Universidad Nacional Autónoma de

Il Centro America, zona di congiunzione tra i due grandi subcontinenti del nord e del sud America, è una delle regioni del pianeta più flagellata da calamità naturali, quali terremoti, eruzioni vulcaniche, frane, alluvioni, inondazioni, che da tempi lontani mietono vittime e producono danni di elevato costo economico e sociale.

La cultura del "rischio" sta necessariamente acquisendo un posto di rilievo nelle agende dei governi centroamericani insieme al tentativo di regionalizzazione della difesa e mitigazione dei danni, in particolare a causa della pressione degli eventi, spesso difficilmente gestibili per intensità e dimensioni territoriali.

La cooperazione internazionale interviene, malgrado una insufficiente coordinazione, in aiuto della regione, specie in termini di gestione dei disastri e di preparazione della popolazione delle aree meno protette.

Anche le università, sempre più sensibili alla tematica dei rischi naturali, pur nelle differenze organizzative e di impatto sui reciproci ambiti territoriali, mirano a mettere in atto processi formativi come strumento efficace per una coscienza sociale della gravità dei problemi connessi con i fenomeni naturali.

Da alcuni anni è operativo il progetto finanziato dalla Cooperazione Italiana allo Sviluppo di "Rete interuniversitaria su Analisi dei fenomeni naturali per una Valutazione della Pericolosità in Centro America" di cui l'Università di Palermo (UNIPA) è capofila di alcune università centroamericane, quali: Universidad de El Salvador (UES), Universidad de San Carlos de Guatemala (USAC), Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN), e recentemente la Universidad Nacional

Nicaragua, Managua (UNAN) y, recientemente, la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), en colaboración con el Consejo Nacional de Investigación en Pisa (CNR / IGG).

El objetivo principal del proyecto es mejorar el sistema universitario público en el análisis de los fenómenos naturales y en la evaluación de la peligrosidad, sísmica, volcánica, geomorfológica, para la reducción de la vulnerabilidad y la gestión del territorio de El Salvador, Guatemala y Nicaragua. El objetivo específico es el análisis de los fenómenos naturales para la evaluación de los peligros en Centroamérica, contribuyendo a prevenir el riesgo, a través de la cooperación interuniversitaria en la formación académica y aplicada, con el fin de fomentar un modelo de conexión entre las instituciones, el mundo académico, organizaciones de respuesta y las comunidades.

La variabilidad de las temáticas relacionadas con los "riesgos" ha impuesto una elección basada en la necesidad de colaboración y apoyo a las universidades de los países de la Red, donde se necesitan los métodos para el análisis de fenómenos naturales potencialmente peligrosos, equilibrado con un mayor compromiso técnico y científico de parte de la Universidad de Palermo y el CNR/IGG de Pisa. Por lo tanto, la singularidad del proyecto radica en afrontar una parte de la vasta problemática, partiendo del origen de los fenómenos en la compleja área geológica y geográfica de América Central, que es la base para el análisis de la peligrosidad y su evaluación, incluso en relación con la historia de los grandes desastres naturales ocurridos en la región, que son sin duda, esenciales en la reducción del riesgo, no entrando en el mérito de los procedimientos de "gestión del riesgo", ni tampoco de la "emergencia".

Las relaciones con los países de la Red Interuniversitaria, suficientemente demostrada desde algunos años antes de este proyecto, están orientadas por una colaboración abierta y solidaria en todas las actividades académicas y técnicas, interpretando la "cooperación" interuniversitaria según la filosofía de "trabajar juntos", buscando fusionar culturas y procedimientos, a menudo diferentes, en vista de un objetivo común en beneficio de la región centroamericana.

A la fecha, muchas actividades del proyecto se han completado con un alto grado de satisfacción y otras están

Autonoma de Honduras (UNAH), con la collaborazione del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Pisa (CNR/IGG).

L'obiettivo prioritario del progetto è quello di migliorare il sistema universitario pubblico centroamericano nell'analisi dei fenomeni naturali e nella valutazione delle pericolosità, sismica, vulcanica, geomorfologica, per la riduzione della vulnerabilità e la gestione territoriale di El Salvador, Guatemala e Nicaragua. L'obiettivo specifico è l'analisi dei fenomeni naturali per la valutazione della pericolosità in Centro America, contribuendo a prevenire il rischio, attraverso la collaborazione interuniversitaria in formazione accademica ed applicata, al fine di sollecitare un modello di connessione tra istituzioni, mondo accademico, organismi di risposta, comunità.

La variabilità delle tematiche connesse con i "rischi" ha imposto una scelta in base alle necessità di collaborazione e supporto alle università dei Paesi della Rete, ove più carenti sono le metodologie per l'analisi dei fenomeni naturali potenzialmente pericolosi, bilanciata da una maggiore vocazione tecnico-scientifica da parte dell'Università di Palermo e del CNR/IGG di Pisa. Pertanto la singolarità del progetto risiede nell'affrontare una parte della vasta problematica, partendo dall'origine dei fenomeni nella complessa area geologica e territoriale del Centro America, quale fondamento per l'analisi della pericolosità e della sua valutazione, anche in relazione alla storia dei principali disastri naturali avvenuti nella regione, non entrando nel merito delle procedure di "gestione del rischio" né tantomeno della "emergenza", ma certamente indispensabile a queste ultime.

I rapporti con i Paesi della Rete interuniversitaria, già abbastanza collaudati da alcuni anni prima del presente progetto, sono improntati ad una collaborazione aperta e solidale in tutte le attività accademiche e tecniche, interpretando la "cooperazione" interuniversitaria secondo una filosofia del "fare insieme", cercando di fondere culture e procedure spesso diverse in vista di un obiettivo comune a beneficio della regione centroamericana.

Alla data odierna numerose attività di progetto sono state portate a termine con un alto indice di soddisfazione, ed altre sono in corso, tutte a compimento dei risultati attesi,

en curso, todo ello en cumplimiento de los resultados esperados, con el compromiso de alrededor de 12 profesores italianos, 50 profesores de Centroamérica, 120 estudiantes e investigadores de Maestría y Cursos de Especialización, así como numerosos técnicos y especialistas en el campo, procedentes de las instituciones nacionales y regionales.

Este volumen (publicado en papel y con un contenido más extenso en DVD) es el resumen de las actividades académicas y técnico-científicas llevadas a cabo en las universidades de la Red. Se divide en capítulos que tratan en general: - esquema del proyecto; - planes de estudio de cursos de postgrado y de especialización en la UES, USAC, UNAN, con especial énfasis en la nueva maestría regional en la UES; - lista de las tesis en la investigación aplicada; - lista de colaboraciones con instituciones del sector y de los Protocolos establecidos; - algunas sinergias con otros proyectos. Como cuerpo central, un cuadro de la peligrosidad natural en Centroamérica (sísmica, volcánica, geomorfológica, tsunamis, ejemplos de precursores, etc.) y sus métodos de análisis, contextualizados en las regiones geológicas y tectónicas de Centroamérica, como capítulos técnico científicos relativos a cursos y seminarios impartidos. Seguido por: - una cronología de los fenómenos naturales que se produjeron en los países objeto de estudio; - resúmenes de las tesis de investigación en áreas de riesgo por parte de los estudiantes y los investigadores de los cursos de maestría y especialización. Un capítulo especial se dedica a la comunicación, como herramienta indispensable para la prevención y gestión de riesgos. Las conclusiones del volumen se centran en las experiencias del proyecto en El Salvador, Guatemala y Nicaragua y, finalmente de la Cooperación Italiana en Centroamérica.

Los argumentos anteriores no pretenden analizar a fondo los diversos aspectos de los riesgos naturales, especialmente a la luz de un análisis científico detallado, sin embargo sirven para ilustrar de forma sintética las principales características de la región centroamericana, tal como para amplificar los diversos fenómenos potencialmente peligrosos todo esto en base a las experiencias publicadas y no publicadas de los profesores e investigadores participantes del proyecto (teniendo en cuenta una serie de importantes contribuciones publicadas por diversos autores, aunque no se mencionan específicamente) en una continua cooperación recíproca y con las instituciones del sector, de acuerdo a las necesidades prioritarias para la formación de los “estudiantes” de maestría, en su mayor parte provenientes del mundo profesional o académico. El volumen está precisamente dirigido a los especializandos de posgrado en El Salva-

con l’impegno di circa 12 docenti italiani, 50 docenti centroamericani, 120 studenti e ricercatori di Master e Corsi di Specializzazione, e numerosi tecnici e specialisti di settore di Istituzioni nazionali e regionali.

Il presente volume (pubblicato in forma cartacea, e con contenuti più estesi in DVD) costituisce la sintesi delle attività accademiche e tecnico-scientifiche compiute nelle università della Rete. È suddiviso in capitoli riguardanti in generale: -uno schema del progetto; -i piani di studio dei corsi di master e di specializzazione nella UES, USAC, UNAN, con particolare risalto al nuovo master regionale nella UES; -l’elenco delle tesi di ricerca applicata; -un elenco delle collaborazioni con Istituzioni di settore e dei Protocolli stipulati; -alcune sinergie con altri progetti. Come corpo centrale, un quadro delle pericolosità naturali in Centro America (sismica, vulcanica, geomorfologica, tsunami, esempi di precursori, etc.) e loro metodi di analisi, inseriti nell’assetto geologico e tettonico delle regioni centroamericane, quali capitoli tecnico scientifici relativi ai corsi e seminari impartiti. A seguire: -una disamina degli eventi naturali verificatesi nei paesi oggetto di studio; -i riassunti delle ricerche di tesi in aree a rischio degli studenti e ricercatori dei corsi di master e specializzazione. Un capitolo speciale è dedicato alla Comunicazione, quale strumento indispensabile per la prevenzione e gestione dei rischi. Le conclusioni del volume focalizzano le esperienze del progetto in El Salvador, Guatemala e Nicaragua, ed infine della Cooperazione Italiana in Centro America.

I suddetti argomenti non hanno la pretesa di analizzare a fondo i molteplici aspetti delle pericolosità naturali, specie alla luce di una dettagliata disamina scientifica, ma di illustrare in modo sintetico le principali caratteristiche della regione centroamericana, tali da amplificare i vari fenomeni potenzialmente pericolosi, sulla base di esperienze edite ed inedite dei docenti e ricercatori partecipanti al progetto (tenendo in debito conto alcuni importanti contributi a stampa di vari AA, anche ove non espressamente citati), in una continua collaborazione reciproca e con le istituzioni di settore, secondo le prioritarie esigenze formative degli “studenti” di master, per buona parte provenienti dal mondo professionale o universitario. Il volume è appunto rivolto agli specializzandi nei corsi di master di El Salvador, Guatemala e Nicaragua, per i quali si sono calibrate le informazioni e le metodologie di analisi in funzione delle loro differenti estrazioni culturali e professionali, cercando di tradurre una rigorosa trattazione scientifica in maniera comprensibile a tutti, senza per questo scadere nella semplice divulgazione. Al

dor, Guatemala y Nicaragua, para los que se han calibrado los métodos de información y análisis en función a sus diferentes antecedentes culturales y profesionales, tratando de traducir un tratamiento científico riguroso de forma comprensible para todos, sin caer en la mera divulgación. Al mismo tiempo, el volumen será una herramienta de estudio para los próximos especializandos, garantizando la sostenibilidad futura de la formación que se lleva a cabo, en Centroamérica y en la Universidad de Palermo, sin duda como resultado de las mejoras necesarias que se derivarán de la investigación en el tema, transferidas en los cursos académicos.

Los autores que elaboraron el volumen son los mismos profesores e investigadores de la UNIPA, UES, USAC, UNAN, CNR/IGG, que participan en las actividades académicas y las aplicaciones de campo en Centroamérica, así como especialistas de diversos sectores e instituciones, la UNAH y organizaciones no gubernamentales, que han prestado su colaboración durante las distintas fases del proyecto. Ellos han tratado de resumir los diversos capítulos del libro lo cual se ha logrado hasta la fecha de conformidad con el plan operativo del proyecto, el cual también se encuentra en la página de la red http://ricaep.csuca.org/ a cargo del CSUCA.

El logro ha sido posible gracias al compromiso constante de los coordinadores locales de las universidades centroamericanas de la red, entre los que no se puede olvidar la dedicación de Giovanna Maselli (USAC) y Miguel Hernández (UES) en la difícil tarea de publicar la versión impresa y digital.

La esperanza de todos es que la búsqueda de este importante resultado pueda ser útil para la formación de especialistas en Centroamérica, lo que podría contribuir a elevar la cultura del "riesgo" en sus países, junto con la oferta, de acuerdo con los recientes acuerdos, para continuar su educación en maestrías y doctorados en la Universidad de Palermo, gracias a los esfuerzos de Pasquale Assennato, Delegado de Relaciones internacionales de la Universidad de Palermo.

Las excelentes relaciones institucionales establecidas y hechas operativas con la firma de los protocolos y acuerdos con el Sistema de Integración Centroamericana (SICA) y el Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA), sin duda, han facilitado algunas de las acciones del programa, junto con la apertura a la colaboración de las autoridades de las respectivas universidades e instituciones que se ocupan de la prevención de los riesgos naturales.

tempo stesso il volume costituirà uno strumento di studio per i prossimi specializzandi, a garanzia della sostenibilità futura dei percorsi formativi in atto sia in Centro America che nell'Università di Palermo, certamente a seguito dei necessari aggiornamenti che scaturiranno dalle ricerche di campo trasferite nei corsi accademici.

Gli autori che hanno elaborato il volume sono gli stessi docenti e ricercatori di UNIPA, UES, USAC, UNAN, CNR/IGG, coinvolti nelle attività accademiche e di applicazione di campo in Centro America, oltre a specialisti di vari settori delle Istituzioni e non, della UNAH, e di ONG, che hanno prestato la loro collaborazione durante varie fasi del progetto. Essi si sono sforzati a sintetizzare nei vari capitoli del volume quanto realizzato ad oggi secondo il piano operativo del progetto, che peraltro è rintracciabile in rete nella pagina web http://ricaep.csuca.org/ curata dal CSUCA.

La realizzazione è stata possibile grazie all'impegno costante dei coordinatori locali delle università centroamericane della rete, tra i quali non si può dimenticare la dedizione di Giovanna Maselli (USAC) e di Miguel Hernandez (UES) nel non facile lavoro editoriale della versione a stampa e di quella digitale.

L'auspicio di tutti è che il perseguimento di questo importante risultato possa essere utile alla formazione di specialisti in Centro America, che possano contribuire ad elevare la cultura del "rischio" nei loro Paesi, insieme all'offerta, in base a recenti accordi, per alcuni di proseguire la propria formazione in master e dottorati nell'Università di Palermo, grazie anche all'impegno di Pasquale Assennato, Delegato alle Relazioni Internazionali di UNIPA.

Le ottime relazioni istituzionali instaurate, e rese operative con la stipula di protocolli e accordi, con il Sistema de Integracion Centroamericana (SICA) e il Consejo Superior Universitario Centroamericano (CSUCA), hanno indubbiamente facilitato alcune azioni di programma, insieme all' apertura alla collaborazione delle Autorità delle rispettive università e delle Istituzioni preposte alla prevenzione dai rischi naturali.

Un sentitissimo oltre che doveroso ringraziamento va a Roberto Lagalla, Magnifico Rettore della Università di Palermo, che con la sua spiccata sensibilità all'internazionalizzazione ha supportato in maniera

Un muy preciado y necesario agradecimiento va a Roberto Lagalla, Magnífico Rector de la Universidad de Palermo, quien con su aguda sensibilidad a la internacionalización ha apoyado con autoridad y de manera amable todas las etapas del proyecto, ayuda sin la cual, no se habría logrado a la fecha, resultados más que satisfactorios.

Por último, se espera que los esfuerzos realizados al momento y los cuales se puedan confirmar hasta la conclusión del proyecto, sean acordes en honor a la confianza depositada por la Dirección General de la Cooperación Italiana para el Desarrollo (DGCS-MAE), de acuerdo con sus propias líneas de validación programática del compromiso italiano en el extranjero.

autorevole ed amichevole tutte le fasi del progetto, senza la quale non sarebbero stati raggiunti ad oggi più che soddisfacenti risultati.

Per finire, ci si augura che gli sforzi ad oggi profusi, e che si spera di potere confermare sino alla conclusione del progetto, onorino la fiducia riposta dalla Direzione Generale della Cooperazione Italiana allo Sviluppo (DGCS-MAE), in sintonia con le proprie linee programmatiche, a convalida dell'impegno italiano oltreoceano.



Giuseppe Giunta
Coordinador del Proyecto
UNIPA

Ficha del proyecto

Sintesi del progetto

UNIPA - Italia

RED INTERUNIVERSITARIA EN ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL EN CENTRO AMÉRICA UNIPA- UES-USAC-UNAN-CNR/IGG

UES
El Salvador

USAC
Guatemala

UNAN
Nicaragua

CNR/IGG
Italia

Ministerio Asuntos Exteriores de Italia (MAE)
Dirección General Cooperación al Desarrollo (DGCS)

Proyecto Regional, Países beneficiarios: **El Salvador, Guatemala, Nicaragua**

Título: Proyecto de red interuniversitaria regional Italo-Centroamericana en análisis de los fenómenos naturales para la evaluación de la peligrosidad en Centro América.

Sector: Formación, Capacity building
Duración prevista: 2009-2012, con extension a 2013 y 2014
Canal de financiación Bilateral/art. 18, Cooperacion Italiana

Ente ejecutor: **Università degli Studi di Palermo (UNIPA**), Dipartimento di Relazioni Internazionali
Coordinador: Prof. Giuseppe Giunta, Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (ex Geología) UNIPA ; Prof. Pasquale Assennato, Delegado Relaciones Internacionales UNIPA

Ente colaborador: **Consiglio Nazionale delle Ricerche, Italia** – Istituto di Geoscienze e Georisorse, Pisa (CNR/IGG)
Coordinadores: Dr. Antonio Caprai, Dr. Sonia Tonarini

Contrapartes locales:

El Salvador, UES – Universidad de El Salvador, Escuela de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agronómicas.
Coordinadores: Ing. Miguel Hernández, Dr. Reynaldo Lopez Landaverde.

Guatemala, USAC – Universidad de San Carlos, Postgrado de la Facultad de Arquitectura
Coordinadores: Arq. Giovanna Maselli, Arq. Carlos Valladares

Nicaragua, UNAN – Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua, Centro de Investigaciones Geocientíficas -CIGEO
Coordinadores: Dr. Marvin Valle, Dr. Dionisio Rodríguez

Finalidad del proyecto
Analizar los fenómenos naturales para la evaluación de la peligrosidad en Centroamérica, contribuyendo a prevenir los riesgos, a través de la colaboración interuniversitaria sobre formación académica y aplicada, al fin de elaborar un modelo de conexión entre instituciones, mundo académico, organismos de respuesta a comunidades.

Objetivo general
Mejorar el sistema universitario público centroamericano en análisis de los fenómenos naturales y evaluación de la peligrosidad sísmica, volcánica, geomorfológica, para la reducción de la vulnerabilidad y la gestión territorial integral de Guatemala, El Salvador y Nicaragua.

Beneficiarios
Estudiantes y docentes de las universidades centroamericanas participantes que serán formados en análisis, previsión y prevención de los riesgos, sísmicos, volcánicos, geomorfológicos e hidrogeológicos en la región centroamericana.

Beneficiarios directos:

- Estudiantes de la Maestría en Riesgos Naturales UNAN-Managua;
- Estudiantes de la Maestría en Riesgos Naturales USAC-Guatemala;
- Estudiantes del Curso de Especialización en Análisis de la Peligrosidad UES-San Salvador;
- Capacitadores de UES, UNAN, USAC, que participarán a cursos de actualización en UNIPA, CNR/IGG y centros internacionales conexos.

Beneficiarios institucionales:

- Involucramiento de técnicos de monitoreo de: Sistema Nacional Estudios Territoriales, SNET de El Salvador; Instituto Nacional Estudios Territoriales, INETER de Nicaragua;
- Instituto Nacional Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, INSIVUMEH de Guatemala; Instituciones conexas, nacionales e internacionales de países centroamericanos (CEPREDENAC, CEPRODE, otros).

Beneficiarios indirectos:

- Territorios centroamericanos sujetos a los riesgos naturales, sea como población o como infraestructuras y bienes, en los cuales se podrán valorar las capacidades de autonomía en previsión del mejoramiento del tejido socio-económico.

Síntesis del proyecto
El presente proyecto propone constituir una red interuniversitaria entre las Universidades de Palermo (UNIPA), San Salvador (UES), Nicaragua (UNAN), Guatemala (USAC), y el Instituto Geo-ciencias y Geo-recursos del Consejo Nacional de las Investigaciones de Pisa (CNR/IGG), con el objetivo de progresar en la formación de personal calificado y en la especialización del personal docente y de investigación en las universidades que componen la red, en el campo de las peligrosidades naturales. Se quiere contribuir a la regionalización de la defensa del patrimonio, ambiental, histórico, humano y de las infraestructuras en Centro América y al proceso socio-cultural de los países centroamericanos en el ám-

bito de la prevención de los riesgos naturales, también contribuyendo a promover e/o reforzar sectores importantes de la Academia y de las Instituciones por el conocimiento y la defensa respecto a los riesgos naturales, con resultados positivos en términos de cualificación profesional y ocupación.

En particular se apoyarán las instituciones antepuestas potencialmente al conocimiento y al análisis de los fenómenos naturales de alta peligrosidad en Centro América en la formación teórica y aplicada de recursos humanos calificados para aumentar significativamente la eficacia de la prevención de los riesgos naturales y la capacidad de respuesta en la planificación y gestión de las intervenciones de recuperación y rehabilitación.

Se prevén además algunas participaciones de especialistas formados en el presente proyecto y formación de jóvenes en breves estancias de actualización y cualificación en universidad y centros de investigación italianos, en particular UNIPA y CNR/IGG, o centros internacionales conectados.

Una importante fase del proyecto está representada por la transferencia de los conocimientos hasta las comunidades de algunas zonas en riesgo de los tres paises de la red, por el empleo de los mismos especializandos, de grupos de estudiantes y/u organizaciones varias, con la colaboración de sectores de ciencias sociales de las mismas universidades.

Objetivo específico:
Reforzar la formación académica en la elaboración y aplicación de estrategias de análisis y previsión de las peligrosidades naturales conexos con actividad sísmica, volcánica y geomorfológica, contribuyendo al empleo sostenible y colectivo de los recursos naturales renovables, en áreas piloto de Guatemala, El Salvador y Nicaragua.

Resultados esperados y Actividades (ejecutadas, en curso, previstas)
1. Mejoría de los master bienales sobre la previsión y prevención de los riesgos naturales del UNAN (Managua) y de USAC (Guatemala), que conlleva a algunas exigencias temáticas emergidas en los mencionados master, también con aplicaciones de campo (tesis).

2. Institución, organización y desarrollo de un curso de especialización en análisis y previsión de los riesgos naturales en la UES (San Salvador), sobre un programa convenido en los contenidos y tiempos (seis meses/año), también con aplicaciones de campo (tesis).

- Cursos y seminarios dirigidos por docentes e investigadores de UNIPA, CNR/IGG, UNAN, USAC y UES en las disciplinas donde mayores son las exigencias de colaboración didáctica, con la participación activa de estudiantes avanzados procedentes de las Universidades centroamericanas parte de la red.
- Laboratorios de análisis sismo-tectónica, volcano-tectónica y geomorfológica, metodologías de monitoreo y simulación de escenarios, por la elaboración de mapas de la peligrosidad, también con la implicación de especialistas partes de las instituciones del sector, ej. INSIVUMEH, SNET, INETER, otros.
- Becas de estudio a corto plazo eventualmente entregadas a formadores de las universidades centroamericanas de la red cerca de Universidades italianas y CNR/IGG, para mejorar la aportación técnico-científica a los cursos de Máster y también los de especialización.

3. Formación de especialistas en análisis de la peligrosidad sísmica, volcánica, geomorfología e hidrogeológica, traducida en cartografía temática interactiva, con metodologías multidisciplinares.

- Tesis experimentales con aplicaciones de campo en análisis de la peligrosidad por fenómenos naturales en área-piloto de alta vulnerabilidad ambiental, ejecutado por estudiantes participantes a los cursos de master y especialización y coordinadas por tutor, docentes e investigadores de la red, con la eventual colaboración de Instituciones nacionales del sector.

En particular, las temáticas de tesis concernirán:
Guatemala: Análisis de la peligrosidad geomorfológica, hidrogeológica y sismo-tectónica en las regiones occidentales (Quiché, San Marcos, Sololá, Quetzaltenango);
Nicaragua: Análisis de la peligrosidad sísmica en León y de deslizamientos en Estelí;
El Salvador: Análisis de la peligrosidad volcánica, sísmica y geomorfologíca en los complejos de San Vicente y San Salvador.

- Construcción y elaboración de mapas interactivos de la peligrosidad en las áreas piloto, incluso simulación de escenarios de riesgo, ejecutada por estudiantes participantes a los cursos de master y especialización y coordinadas por tutor, docentes e investigadores de la red, con la eventual colaboración de instituciones nacionales del sector.

- Elaboración y aplicación de metodologías de monitoreo instrumental y actividad analítica de laboratorio, ejecutadas por estudiantes que participen en los cursos de master y de especialización en el área-piloto de cada uno de los tres paises centroamericanos parte de la red.

4. Traslado de los conocimientos sobre la peligrosidad ambiental en área centroamericana, para la difusión de una cultura de la prevención de los riesgos naturales al nivel de las comunidades vinculados al área-piloto.

- Campañas de información sobre la peligrosidad ambiental y de sensibilización para la mitigación de los riesgos naturales, en los ayuntamientos y comunidades de las áreas piloto, organizadas y conducidas por estudiantes avanzados de los cursos de master y especialización, en el ámbito de los períodos obligatorios de servicio civil previsto por los ordenamientos de las universidades centroamericanas de la red.

Tales actividades serán coordinadas por los tutores de las tesis de campo, con la participación de especialistas de las instituciones del sector y docentes de ciencias sociales y territoriales de las mismas universidades, así como de eventuales organizaciones nacionales e internacionales operantes en tales sectores.

- Promoción de las maestrías y especializaciones en cursos de formación continua, también virtual, sobre la previsión y prevención de los riesgos naturales en Centroamérica.

- Organización y celebración de “días de la tierra” de parte de las universidades de la red, con la participación de los estudiantes de los cursos de master y especialización,

que en aquel tiempo discutirán sus tesis con la presencia de las instituciones nacionales e interregionales de sector.

- Publicaciones científicas y divulgativas sobre análisis y previsión de las peligrosidades y de los riesgos naturales en Centro América, especialmente en las áreas-piloto, elaboradas por UNIPA, CNR/IGG, UES, UNAN, USAC y/u otras universidades e instituciones cooperantes.

5. Involucramiento del personal especializado en las universidades de la red en instituciones de sector, nacional e interregionales, respaldado por un plan estratégico para la creación de un centro interuniversitario de comparación sobre las problemáticas de la prevención de los riesgos naturales en función del desarrollo sostenible del territorio.

"Estado del arte" y previsiones

Hasta la fecha, el proyecto ha logrado resultados muy satisfactorios, tanto en términos académicos como científico-técnicos, al cumplimiento de varios objetivos, como puede deducirse de los informes enviados periódicamente a DGCS y UTC.

En particular:
a) se han completado varias actividades educativas en clases de maestría y especialización con la entrega de certificados a 44 estudiantes avanzados de los tres países de la red, con el apoyo de becas del proyecto a través de la colaboración de muchos profesores UNIPA, CNR / IGG , UES, UNAN, USAC;

b) seguimiento de las actividades académicas y de asistencia a las aplicaciones de campo, especialmente en las zonas de alto riesgo, así como a la visibilidad y la comunicación, con la participación de las instituciones del sector y la presencia en casi todos los meses de personal UNIPA y de la Red de Universidades Centroamericanas;

c)la organización y realización de talleres, reuniones, página web, etc, para desarrollar metodologías comunes en el análisis de los riesgos naturales, para ser calibradas por el proyecto hasta el final la próxima aplicación de un proyecto.

De acuerdo con el plan operativo del proyecto, quedan por llevar a cabo diversas actividades, que pueden ser satisfactoriamente concluidas en 2014.

En particular, estas actividades e intervenciones, algunas de las cuales ya están en marcha, con la adición de una nueva importante actividad, tales como:

d) actividades académicas adicionales (seminarios y cursos cortos de conferencias);

e) aplicaciones de campo de más detalle en zonas de alto peligro potencial identificado en las tesis experimentales;

f) organizar y dirigir "días de la información" sobre peligros naturales a nivel comunitario en las zonas de alto riesgo;

g) racionalización de las intervenciones de comunicación y visibilidad;

h) talleres y conferencias con las instituciones del sector para alcanzar un mejor nivel de regionalización de colaboraciones e intervenciones en apoyo a la gestión de riesgos;

i) realización en la UES-El Salvador de la primera Maestria en Peligrosidades Naturales, con carácter interregional, combinado con una Maestria de UNIPA-Palermo, y reconocidas bilateralmente. Esta Maestria representa un "valor añadido" del proyecto, que està incluido en un Acuerdo entre los Rectores de UNIPA y de UES, con el apoyo y la colaboración de otras universidades centroamericanas de la red. La propuesta, discutida y acordada en numerosos lugares e instituciones académicas, ha levantado un coro de aprobación, en parte porque El Salvador ya no tiene un título de maestría en los desastres naturales, a pesar de tener un área expuesta a los peligros naturales más frecuentes y alto, y por otra parte con la ventaja de capacitar a sus graduados tambien en UNIPA. La Maestria, se beneficia de la ayuda de profesores académicos y científicos de la UNIPA-Universidad de Palermo, de colaboradores técnicos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas / IGG, y de profesores de las universidades socias del proyecto (UNAN y USAC), y por supuesto, por los profesores de la UES e instituciones del sector de El Salvador.

j) desde varios meses se está colaborando con el Instituto de Ciencias de la Tierra de la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH) – Teguicigalpa, incluyendo esta institucion en la Red interuniversitaria en particular para la maestria regional UES y para proyectos especificos de investigacion.

Acuerdos marco

El proyecto cuenta con varios acuerdos y protocolos con varias Instituciones Centroamericanas, que brindan un apoyo de alto nivel, como:

- Acuerdo bilateral UNIPA-UES El Salvador;
- Acuerdo bilateral UNIPA-USAC Guatemala;
- Acuerdo bilateral UNIPA-UNAN Nicaragua;
- Acuerdo marco UNIPA-CSUCA/Consejo Superior Universitario Centroamericano;
- Acuerdo marco UNIPA-SICA/Sistema de la Integración Centroamericana;
- Acuerdo marco UNIPA-UNAH Honduras;
- Acuerdos, protocolos y cartas de intenciones con: CEPREDENAC-Centro de Coordinación Para La Prevención Desastres de Naturales en América Central, CONRED Guatemala, SNET El Salvador, SINAPRED Nicaragua, INSIVUMEH Guatemala, Ministerio de Ambiente de El Salvador, Ministerio de Educacion de El Salvador, etc.

Maestrías y Curso de Especialización

Master e Corso di Specializzazione

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Arquitectura
Escuela de Estudios de Postgrado

Maestría en Gestión para la Reducción del Riesgo

La República de Guatemala es uno de los países más propensos a sufrir desastres en el mundo. Ubicada en la confluencia de tres placas tectónicas, con numerosas fallas y en el Cinturón de Fuego del Pacífico, bañada por los océanos Pacífico y Atlántico, con una diversa morfología compuesta por altas montañas y peligrosas depresiones, volcanes, planicies aluviales y costeras; su geografía la predispone a la incidencia de un amplio número de amenazas.

Más allá de estas características geográficas, geológicas y morfológicas que constituyen parte importante de la vulnerabilidad del territorio, se suman los rápidos procesos de transformación sufridos en los ecosistemas, tipificados por la deforestación comercial y de subsistencia, a raíz de la transformación del uso agrícola del suelo y para el crecimiento urbano, muchas veces sin planificación.

Como un paliativo a estos problemas, la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala propone la creación del Programa de Maestría en Gestión para la Reducción del Riesgo, con la cual los egresados podrán ocupar puestos de asesoramiento y dirección en las áreas de prevención de riesgos en instituciones gubernamentales y no gubernamentales.

Objetivos

General
Formar profesionales especializados en realizar evaluaciones de riesgo, con enfoque integrado y orientado al desarrollo sostenible, en el marco político, administrativo, legal y técnico urgente.

Específicos
- Capacitar al egresado en los aspectos técnicos de la gestión de riesgo.
- Fortalecer la formación de ética y valores relativos al análisis y consecuencias de proyectos, que a pesar los beneficios económicos, nunca se menoscabe el bien común.
- Fortalecer la capacidad propositiva y analítica de los egresados en el campo de la planificación, evaluación, gestión y prevención de riesgos.
- Fortalecer la habilidad del trabajo multidisciplinario de los egresados en este campo.
- Propiciar y desarrollar las evaluaciones de riesgo con relación a la calidad de las propuestas arquitectónicas o urbanísticas y proyectos de desarrollo.

Perfil de egreso

- Al finalizar sus estudios, el egresado estará en capacidad de desempeñar las siguientes funciones:
- Desempeñar cargos de consultor y/o asesor en el sector privado o público en lo relacionado a desastres naturales, evaluación y gestión de riesgo.
- Ser promotor, ejecutor de programas y proyectos con componentes integrales de desarrollo en diseño y planificación, del mejoramiento de la calidad de vida de la población y en la sostenibilidad del desarrollo del país.

- Asumir responsabilidades como investigador y colaborador en planes y programas de mitigación de riesgos.
- Realizar expertajes cuyo componente principal sea la evaluación y gestión de riesgo.
- Administrar los recursos de la cooperación extranjera y realizar gestiones para la búsqueda de financiamiento exterior.
- Asesorar trabajos académicos de investigación relacionados con la especialidad.
- Tomar decisiones y con liderazgo, programar, diseñar actividades, trabajar en equipo a fin de plantear propuestas integrales en el campo de la gestión de riesgo.
- Con capacidad de transmitir conocimientos y concientizar de los desastres naturales a diferentes estratos sociales.

Plan de Estudios

El plan de estudios se estructura en cuatro ciclos o semestres académicos conformados por cuatro áreas o módulos que se detallan en el siguiente cuadro.

Área de Formación	Cursos	Créditos
Área Común: Constituida por los cursos iniciales y comunes a cada uno de los Programas de Postgrados, que se ofrecen en la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Arquitectura.	001 Métodos y Técnicas de Investigación	9 créditos
	002 Formulación y Evaluación de Proyectos	
	003 Principios Jurídicos y Legales	
Área de Transición: Comprende además del conocimiento básico de dos asignaturas que constituyen la introducción y conducción específica a cada una de las especialidades que ofrecen los Estudios de Postgrado de la Facultad	076 Teoría del Riesgo y los Desastres	6 créditos
	009 Fundamentos de Planificación	
Área De Especialidad: Brinda la oportunidad a los estudiantes de continuar los estudios a nivel de las especialidades que estructuran el Pensum de Estudios de cada uno de los Programas de Postgrado de la Facultad de Arquitectura, obteniendo al completar el mismo en forma satisfactoria el Diploma correspondiente. Este ciclo de una duración de dos semestres, conforma las asignaturas obligatorias para aquellos postulantes al Nivel de Maestría, cuyo promedio general haya sido superior o igual a ochenta y cinco (85) puntos.	017 Ecología Humana	33 créditos
	025 Análisis Ambiental	
	077 Sismología	
	078 Vulcanología	
	079 Climatología	
	080 Hidrología	
	081 Geología	
	083 Sistemas de Información Geográfica	
	082 Degradación Ambiental y Construcción de Amenazas	
	084 Evaluación de Vulnerabilidades y Riesgos	
	090 Seminario de investigación de Riesgos	
Área De Graduación: Conduce a la obtención del Grado Académico de Maestro en Ciencias, en la especialidad elegida dentro del Programa de Estudios de Postgrado de la Facultad de Arquitectura, a todos aquellos estudiantes que durante los tres semestres anteriores hayan mantenido un promedio general de notas igual o superior a 85 puntos sobre 100.	085 Preparativos para la Atención de Desastres	18 créditos
	068 Planificación del Uso del Territorio	
	086 Gestión para la Reducción del Riesgo I	
	087 Gestión para la Reducción del Riesgo II	
	088 Riesgo Ambiental	
	089 Seminario de Tesis	
Elaboración de Tesis:		10 créditos
Total de Créditos		76 créditos

Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua - Managua
Centro de Investigaciones Geocientíficas

Maestría Centroamericana en Evaluación de Riesgos y Reducción de Desastres

Introducción

Por su ubicación geográfica la región centroamericana y el Caribe se encuentra expuesta a la ocurrencia de diferentes tipos de desastres, que pueden llegar a ser altamente devastadores para la sociedad. Para hacer frente a esta problemática se debe incluir la formación de especialistas con alto nivel científico, con visión integral del tema, de manera que puedan contribuir a la reducción de los impactos negativos de los desastres. En este contexto, la Maestría Centroamericana en Evaluación de Riesgos y Reducción de Desastres, forma especialistas de manera integral en esta temática.

Objetivos

Generales

1. Contribuir al desarrollo científico, económico y social de Centroamérica mediante la investigación aplicada a los riesgos y problemas generados por los desastres de la Región.

2. Formar especialistas que contribuyan activamente en los procesos de Evaluación y Gestión de Riegos.

Específicos

Reforzar la formación académica en la elaboración y aplicación de estrategias de análisis y previsión de las peligrosidades naturales conexos con actividad sísmica, volcánica y geomorfológica, contribuyendo al empleo sostenible y colectivo de los recursos naturales renovables, en aéreas pilotos de Centroamérica.

Asignaturas

Módulo I	Introducción a la Teoría de los Desastres
	Geología General y de Centroamérica
	Geomorfología
	Sistema de Información Geográfica (SIG)
	Sensores Remotos (Fotografía aéreas y satelital)
Módulo II	Estadísticas
	Manejo de Cuencas
	Amenaza Hidrometeorològica

	Amenaza Volcánica
	Seminario
Módulo III	Amenaza Antropogènica
	Ordenamiento Territorial
	Amenaza Sísmica (Sismología)
	Seminario I
	Amenaza por Inestabilidad de Terreno
Módulo IV	Vulnerabilidad I
	Vulnerabilidad II
	Geomántica
	Taller de Investigación I
	Cartografía del Riesgo
Módulo V	Gestión de Riesgos
	Taller de Investigación II
Módulo VI	Preparación y Respuesta
	Salud y Desastres
	Taller de Gestión de Riegos
	Comunicación Social
	Taller de Investigación III
Módulo VII	Legislación y Políticas de Gestión
	Desarrollo Sostenible y Desastres
	Evaluación Económica de Desastres
	Taller de Investigación IV
	Seminario III

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Unidad de Postgrado
Programa de Postgrado en Agronomía Tropical Sostenible

Curso de Especialización en Evaluación de la Peligrosidad Natural

Institución coordinadora: Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas, Unidad de Posgrado.
Instituciones cooperantes: UNIPA – Italia, USAC – Guatemala, UNAN-Managua – Nicaragua, CNR/IGG – Italia.

Perfil del Egresado

El profesional graduado del Curso de Especialización en Evaluación de Peligrosidad Natural tendrá la capacidad de:

1. Proponer escenarios de análisis para la prevención y la mitigación de riesgos.
2. Formar parte de equipos multidisciplinarios de distintos ámbitos y niveles en gestión de riesgos.

Descripción del Curso de Especialización

El curso consta de 5 módulos a nivel de posgrado, los cuales proporcionarán al profesional herramientas tecnológicas y analíticas aplicables a la evaluación de amenazas naturales, con miras a la prevención de desastres; respaldándose con la base técnico-científica del Sistema de Información Geográfica (SIG) como herramienta estratégica que apoya la toma de decisiones.

OBJETIVOS

General

Elevar la capacidad analítica, científica y tecnológica de los profesionales, mediante la formación en evaluación de la peligrosidad natural, para fortalecer el manejo de amenazas para la gestión del riesgo.

Específicos:

- Fortalecer la base técnico-analítica de los profesionales, de las instituciones gubernamentales, no gubernamentales y empresa privada, que trabajan en la gestión de riesgos a nivel regional, nacional y municipal.
- Formar recurso humano altamente capacitado para planificar, administrar y tomar decisiones, en cuanto al manejo de la peligrosidad natural.
- Proporcionar a los participantes herramientas claves para la generación, manejo, análisis y despliegue de información relacionada a peligrosidad natural a través de mapas.

- Proporcionar a los participantes los elementos básicos para la comprensión, análisis y toma de decisiones para la evaluación de la peligrosidad natural encaminada al ordenamiento del territorio.

Módulos del curso

MÓDULO	TEMAS A DESARROLLAR
A. Territorio y Peligrosidad	1. Marco geológico y geomorfológico de Centroamérica 2. Síntesis de las peligrosidades por fenómenos naturales 3. Sistemas de Información Geográfica para elaboración de mapas de amenazas
B. Peligrosidades Naturales	4. Peligrosidad sísmica 5. Peligrosidad volcánica 6. Peligrosidad geomorfológica e hidrológica 7. Multiamenazas
C. Mapas de Peligrosidad	8. Elaboración de mapas de peligrosidad sísmica 9. Elaboración de mapas de peligrosidad volcánica 10. Elaboración de mapas de peligrosidad geomorfológica e hidrológica
D. Investigación Técnica	11. Elaboración de tesina en área piloto: mapas de multiamenaza y relación vulnerabilidad-riesgo, simulaciones de escenarios de riesgos
E. Elementos de Gestión del Riesgo	12. Coordinación interinstitucional 13. Transferencia de conocimiento

La nueva maestría regional en la UES

Il nuovo master regionale nella UES

UNIPA - Italia

Universidad de El Salvador

Universidad de El Salvador
Facultad de Ciencias Agronómicas
Unidad de Posgrado
Programa de Postgrado en Agronomía Tropical Sostenible
y
La Università degli Studi di Palermo, Italia

con la colaboración de:

Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centro América
UNIPA- UES-USAC-UNAN-CNR/IGG

USAC
Guatemala

UNAN
Nicaragua

CNR/IGG
Italia

Maestría en Evaluación de Peligrosidades Naturales

Introducción

El Salvador al igual que toda la región centroamericana, por su ubicación geográfica, geomorfológica y densidad poblacional, es un territorio susceptible a ser afectado por fenómenos naturales y de tipo antrópico, que frecuentemente desencadenan situaciones de desastre, afectando al territorio y a la población, especialmente aquellas familias que viven en condiciones precarias y ubicadas en zonas vulnerables y de alto riesgo, que tienen como factor común niveles de pobreza extrema y escasa capacidad para absorber el impacto de dichos fenómenos.

La combinación de estos factores geológicos y climatológicos, sumado al factor antrópico como la deforestación, malas prácticas agrícolas y poco conservacionistas, entre otros, trae como consecuencia áreas más susceptibles a deslizamientos, inundaciones, contaminación del agua, otras. En Centroamérica, de 1990 al 2008 se estima que se han perdido 28,000 km^2 de bosque, equivalente a una pérdida anual de 1,568 km^2 (Cherrington et al 2011 citado por CATHALAC 2011), sumado a esto, un marcado desequilibrio del régimen hidrológico, degradación del recurso suelo con la pérdida por erosión y la acumulación de material en los pasos estrechos de los ríos (DIPECHO, 2007).

En los últimos años, El Salvador ha sufrido por la presencia de eventos naturales como huracanes, tormentas, depresiones tropicales, deslizamientos de tierra, inundaciones, terremotos, temblores, sequías, otros. Los períodos de retorno de esos eventos son relativamente cortos, dejando al país sin la posibilidad de recuperarse totalmente después de un desastre, provocando un deterioro en la infraestructura vial, puentes, ciudades, terrenos en laderas inestables, formación de cárcavas y otros daños, habiéndose invertido en los últimos años cuantiosas sumas de recursos económicos en la construcción y mantenimiento de obras públicas. A manera de muestra y a causa de estos fenómenos, el Ministerio de Obras Públicas ejecutó en el año 2011 una serie de obras para desarrollo vial y medidas de mitigación y protección, con una inversión multimillonaria (MOP, 2011).

En este sentido, la Universidad de El Salvador, en conjunto con la Universidad de Palermo (UNIPA), Italia y con el apoyo de las Universidades de San Carlos de Guatemala (USAC); Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua (UNAN); el Consejo de Investigaciones de Italia (CNR/IGG), a través de la Cooperación Italiana, crean el plan de estudios de la Maestría en Evaluación de Peligrosidades Naturales, la cual tiene como filosofía central generar en los profesionales competencias cognoscitivas y metodológicas en el manejo de la peligrosidad natural, para la investigación, diseño y gestión de los recursos y medios necesarios que mitiguen los impactos de los fenómenos naturales que causan desastres, fortaleciendo el bienestar de los actores sociales y facilitando el desarrollo integral del territorio. Las estrechas relaciones técnicas científicas entre estas instituciones educativas y de investigación, desde hace varios años con la Universidad de El Salvador, en proyectos de investigación y docencia, orientados al análisis de fenómenos naturales y evaluación de peligrosidades para la gestión del riesgo, permitió que se conformara la Red Interuniversitaria Regional Ítalo Centroamericana en Análisis y Evaluación de Peligrosidades Naturales, a través de la cual, desde el año 2009 a la fecha, se desarrollan actividades científicas como talleres, seminarios, conferencias, demostraciones de campo, investigaciones técnicas en las áreas de sismología, vulcanología e hidrometeorológicas, entre otras, que han fortalecido una alianza histórica encaminada al desarrollo de capacidades en la región Centroamericana para la gestión de riesgos. La iniciativa fue presentada a la UNIPA, con quienes se desarrolla, Maestrías conjuntas, a través de las cuales se otorgan títulos en forma bilateral y reconocidos por la UES y UNIPA. Todo esto con un apoyo financiero inicial de la Cooperación Italiana.

Descripción de la Maestría en Evaluación de Peligrosidades Naturales

La carrera tiene una duración de dos años y medio y un número de cinco ciclos académicos. Dos ciclos académicos por año, consta de 16 asignaturas, cuatro asignaturas por cada ciclo, además de un trabajo de tesis en el último ciclo. Después de haber cumplido con todos los requisitos exigidos por el Programa de Posgrado, el egresado recibe el título de Maestro/Maestra en Evaluación de Peligrosidades Naturales, conforme al Artículo 12 de la Ley de Educación Superior de El Salvador. La sede de la Maestría se encuentra en la Unidad de Posgrado, de la Facultad de Ciencias Agronómicas, de la Universidad de El Salvador. La Maestría consta de cuatro ejes curriculares, los cuales incorporan temáticas relacionadas a la producción, almacenamiento, análisis, estandarización y divulgación de la información, estos ejes son los siguientes:

1. Fundamentos de la evaluación de peligrosidades naturales.
2. Metodologías para la investigación de peligrosidades naturales.
3. Tecnologías para la evaluación de peligrosidades naturales.
4. Gestión integral de riesgos.

El plan de estudios está diseñado para estudiantes de medio tiempo, con un mínimo de dedicación de 80 horas presenciales por cada curso, con horarios de jueves y viernes de las 4:00 p. m. a 9:00 p. m., y sábado de 8:00 a. m. a 4:00 p. m. El período lectivo de cada ciclo académico tendrá una duración de 16 semanas. Dependiendo de la naturaleza de cada asignatura y cuando las asignaturas sean impartidas por maestros extranjeros, queda abierto a desarrollarse en semanas completas de trabajo, hasta cumplir con el número de horas y unidades valorativas que demandan los programas de Maestría de la Universidad de El Salvador y del Ministerio de Educación de El Salvador.

Objetivos de la Maestría

a) Formar recurso humano altamente capacitado para planificar, administrar y tomar decisiones, en cuanto al manejo de la peligrosidad natural.

b) Fortalecer las bases de conocimientos técnicos científicos en cuanto al entorno terriorial en donde se desarrollan los fenómenos naturales que causan desastres y aumentan la vulnerabilidad de la población.

c) Especializar profesionales en evaluación de peligrosidades naturales para que apliquen e incorporen mecanismos de actualización en los procesos de producción, gestión y socialización del conocimiento tecnico científico para la gestión de riesgos naturales.

d) Desarrollar capacidades en los profesionales para que generen aplicaciones prácticas de métodos de análisis y evaluación de peligrosidades naturales, bajo la coordinación interinstitucional entre la Universidad u otros organismos de investigación.

e) Proporcionar a los participantes los elementos básicos para la comprensión, análisis y toma de decisiones, para el análisis de la peligrosidad natural encaminada al ordenamiento territorial.

Perfil del profesional graduado de la Maestría

1. Que el profesional pueda evaluar mediante diversas metodologías condiciones ambientales que ocasionen desastres y afecten a la población.
2. Con capacidad para desarrollar actividades de prevención y mitigación de desastres ocasionados por fenómenos naturales.
3. Genere escenarios para el análisis ante la presencia de un fenómeno natural, con base científica y tecnológica.
4. Desarrolle y utilice procesos de abordaje de desastres basado en la legislación y políticas vigentes sobre la gestión de riesgos.
5. Capaz de utilizar herramientas tecnológicas modernas para analizar las complejas relaciones entre las amenazas naturales con el territorio, medio ambiente y población humana.
6. Formar parte de equipos diversos y multidisciplinarios, para hacer uso de técnicas modernas de elaboración de modelos cartográficos para la gestión del conocimiento sobre amenazas naturales en el ámbito nacional, así como transfronterizo.
7. Desarrolle investigación sobre fenómenos naturales relacionados a la Geología, Hidrometeorología, Vulcanología y Sismología, y procesos que desencadenan desastres que pueden afectar a la población.
8. Con alta capacidad innovadora, conocimientos metodológicos y técnicos en la evaluación de peligrosidades naturales.
9. Con conocimientos en gestión de riesgos y herramientas tecnológicas relacionadas.
10. Con capacidad para desarrollar, formular y ejecutar programas, proyectos y acciones, integrando aspectos geográficos, sociales, legales, económicos, políticos e institucionales, para la gestión de riesgos.
11. Con capacidad para aportar a la solución de problemas de vulnerabilidad, planificación territorial, espacios transfronterizos, medio ambiente, educación, de tal forma que contribuyan a fortalecer la prevención de desastres que afectan a la sociedad en general.

Programa de Asignatura
de la Maestría en
Evaluación de Peligrosidades Naturales

NO	CURSO	CONTENIDO SINTÉTICO
1	Peligrosidades Naturales y Asentamientos Humanos	1. Territorio Centroamericano y peligrosidad, 2. Peligrosidad por fenómenos naturales. a. Fenómenos meteorológicos. b. Movimientos en masa. c. Inundaciones. d. Terremotos, otros. 3. Peligros de tipo antropogénico. 4. Uso del suelo y organización de los asentamientos humanos. 5. Contexto Centroamericano de los riesgos naturales. 6. Historia de las catástrofes en Centro América. 7. Política y legislación centroamericana de Gestión de Riesgos. a. Política de Integración Centroamericana. b. Leyes de Gestión de Riesgos en Centro América. c. Política nacional y Centroamericana de Gestión de riesgos. 8. Presupuesto y asignación de recursos.
2	Peligrosidades Geológicas	1. La tierra. Generalidades de Geología. 2. Aplicaciones de la Geología. 3. Geomorfología. 4. Geotécnica. 5. Estratigrafía y tiempo geológico. 6. Minerales de las rocas y meteorización. 7. Rocas: ígneas, sedimentarias, Calcáreas y metamórficas. 8. Rocas, suelo y agua subterránea: el ciclo de la formación del suelo y de las rocas. 9. Agua y la roca sólida. 10. Propiedades físicas y químicas de los suelos. 11. Sólidos orgánicos, precipitados, volcánicos y artificiales. 12. Suelos transportados y depositados. 13. Tectónica de placas: plegamientos, fallas, anticlinales, sinclinales, desarrollo del perfil, pedogénesis, agua subterránea, movimiento de masas, condiciones susceptibles a deslizamientos y su control. 14. Evalución de la Placa de Cocos y El Caribe. 15. Peligrosidades geológicas. 16. Movimientos en masa. 17. Deslizamientos. Tipos. 18. Avalanchas y flujos (Lahares).
3	Peligrosidades Vulcanológicas	1. Introducción a la vulcanología. 2. Volcanes de Centroamérica. 3. Peligrosidades volcánicas y asentamientos humanos. 4. Placas tectónicas y vulcanismo. 5. Principales peligros volcánicos: lavas, caída de piroclastos, nubes ardientes, gases, sismos volcánicos, flujos de materiales no consolidados (lahares). 6. Probabilidad de ocurrencia de erupciones volcánicas. 7. Caracterización de las erupciones. 8. Peligros volcánicos: proyectiles balísticos, cenizas, flujos piroclásticos, lavas, lahares y colapsos. 9. Evaluación de la peligrosidad volcánica. 10. Zonificación de peligrosidad volcánica. 11. Mitigación de las amenazas. Monitoreo de la actividad volcánica. 12. Mapeo de amenazas volcánicas. 13. Estudio de caso.

NO	CURSO	CONTENIDO SINTÉTICO
4	Métodos y Técnicas de Investigación I	1. El método científico. 2. Métodos y estrategias de investigación científica. 3. Búsqueda de información: fuentes bibliográficas. 4. Teoría elemental del muestreo, métodos de muestreo. 5. Exploración de datos. 6. Estadística descriptiva y probabilística. 7. Prueba de hipótesis. 8. Análisis de datos cuantitativos sobre variables. 9. Análisis de datos cualitativos sobre variables. 10. Procesamiento y análisis de información espacial y temporal. 11. Métodos de análisis exploratorio de datos y correlación. 12. Protocolos y anteproyectos de investigación. 13. Redacción de artículos de investigación. 14. Métodos y técnicas de investigación social.
5	Peligrosidades Sísmicas	1. Peligrosidad sísmica. Datos históricos. 2. Historia de la actividad sísmica en El Salvador y América Central. 3. Sismos: orígenes, tipos, localización, propagación, efectos. 4. Terremotos. Escalas de medida. 5. Intensidad sísmica, área de influencia. 6. Características sismotectónicas. 7. Fallas y zonas sismotectónicas. 8. Sismología volcánica. 9. Recurrencia de terremotos. 10. Evaluación de la peligrosidad sísmica, métodos. 11. Tipos de amenazas asociadas con sismos. 12. Evaluación de amenazas sísmicas. 13. Metodologías para la macro y microzonificación sísmica. 14. Escenarios de peligrosidad sísmica. 15. Estudio de caso.
6	Sistemas de Información Geográfica	1. Introducción conceptual e historia de los SIG 2. La información geográfica: tratamiento de la información geográfica, almacenamiento de información geográfica, procesamiento y representación de la información geográfica 3. Estructura de los Sistemas de Información Geográfica. 4. Generalidades sobre elementos de geodesia, cartografía, proyecciones cartográficas y geografía. 5. Técnicas de adquisición de datos: digitalización, escanerización, importación de datos externos, formatos de intercambios. 6. Modelos de datos ráster y vector. 7. Aplicaciones y funciones básicas de los SIG. 8. Características de los datos. 9. Relaciones espaciales de los datos. Álgebra de mapas. 10. Restitución semiológica, grafica y cartográfica. 11. Metadatos. 12. Herramientas informáticas del Sistemas de Información Geográfica. 13. Experiencias sobre el uso del SIG en Centroamérica.
7	Teledetección y Sensores Remotos	1. Fundamentos de la Teledetección. 2. El espectro electromagnético: teoría del color. (Bandas espectrales, reflectividad, patrones espectrales, índice de vegetación, temperatura y clorofila). 3. Sensores y técnicas avanzadas: oferta, selección de imágenes Hiperespectrales, Radar y LIDAR. 4. Preprocesamiento y análisis de imágenes digitales, formatos, imagen digital, georreferenciación, resoluciones, realces. 5. Tratamiento de imágenes: radiométricos y geométricos. 6. Extracción de información: interpretación, clasificación supervisada, no supervisada e híbrida. 7. Análisis multitemporal. 8. Aplicaciones topográficas y temáticas. 9. Evaluación y ajuste de clasificación. Comprobación de campo. 10. Aplicaciones ambientales de la Percepción Remota. 11. Herramientas informáticas (software) para análisis y clasificación de imágenes.

NO	CURSO	CONTENIDO SINTÉTICO
8	Climatología y Fenómenos Meteorológicos Extremos	1. Climatología. 2. El tiempo y el clima. 3. Elementos meteorológicos. Precipitación y ciclo del agua. 4. Medición de variables atmosféricas. Instrumentos meteorológicos. 5. Estación meteorológica. Equipamientos. 6. Redes de estaciones meteorológicas. 7. Análisis meteorológico. 8. Pronóstico meteorológico. 9. Calentamiento global y cambio climático. 10. Impacto, vulnerabilidad, riesgo y adaptación al cambio climático en Centro América. 11. Eventos climatológicos extremos. a. Huracanes. b. El fenómeno del niño. c. Tornados. d. Otros. 12. Métodos estadísticos aplicados a la climatología.
9	Peligrosidades Hidrometeorológicas	1. Fundamentos de Hidrología. 2. El balance hídrico. Escorrentía superficial. 3. La lluvia como factor desencadenante. Intensidad, duración y frecuencia. 4. Peligros hidrometeorológicos. a. Desertificación, sequías. b. El Fenómeno del Niño. 5. Peligrosidades hidrológicas y geomorfológicas. a. Geomorfología y dinámica fluvial: procesos de erosión fluvial. b. Condicionantes geomorfológicas: inundaciones, tipologías de avenidas fluviales, caudales extremos. 6. Amenazas hidrometeorológicas y uso de la tierra. 7. Zonificación de amenazas hidrometeorológicas. 8. Análisis estadísticos de datos de lluvia. 9. Sistemas de alerta temprana para peligrosidades hidrometeorológicas. 10. Monitoreo de peligrosidades hidrometeorológicas. Redes de monitoreo hidrológico.
10	Curso 10 Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas	1. Marco conceptual de la gestión de cuencas. 2. Caracterización y diagnóstico de cuencas. 3. Gestión de cuencas y ordenamiento territorial. 4. El Anteproyecto de la Ley de Cuencas. 5. Entidades y Organismos de Cuencas. 6. Planes de Manejo Integral de Cuencas. 7. Gestión de amenazas naturales en cuencas hidrográficas. 8. Gestión de recursos para el manejo de cuencas con enfoque de gestión de riesgos.
11	Métodos y Técnicas de Investigación II	1. Modelos conceptuales. 2. Escenarios de peligros y de riesgos. 3. Modelación probabilística de riesgos. 4. Modelación de flujos y avalanchas (lahares). 5. Modelación de inundaciones. 6. Modelación de escenarios de riesgo sísmico. 7. Modelos para evaluar la pérdida de suelo por erosión. 8. Modelación de riesgos por Tsunamis
12	Análisis de la Vulnerabilidad	1. Aspectos conceptuales sobre vulnerabilidad. 2. Tipos de vulnerabilidad. 3. Peligros y vulnerabilidad. 4. Metodologías internacionales para análisis de la vulnerabilidad. 5. Vulnerabilidad social. 6. Vulnerabilidad funcional. 7. Vulnerabilidad estructural. 8. Vulnerabilidad no estructural. 9. Vulnerabilidad cultural e ideológica. 10. Vulnerabilidad ambiental y ecológica. 11. Estudios de caso

NO	CURSO	CONTENIDO SINTÉTICO
13	Ordenamiento Territorial	1. Instrumentos de desarrollo territorial. 2. Bases conceptuales para el ordenamiento territorial. 3. Territorio y peligrosidad. 4. Elementos para el ordenamiento territorial. 5. Ley de ordenamiento territorial de El Salvador. 6. Ordenamiento territorial y asentamientos humanos. 7. Planes de ordenamiento territorial. 8. Participación ciudadana. 9. Gestión, implementación, seguimiento y evaluación de un POT. 10. Planificación estratégica. 11. Aplicaciones prácticas del ordenamiento territorial
14	Gestión Integral de Riesgos	1. El riesgo. 2. Elementos para la gestión integral del riesgo. 3. Etapas Pre desastre y post desastre. 4. Prevención de riesgos. 5. Mitigación de riesgos. Medidas estructurales y no estructurales. 6. Reducción de riesgos. 7. Transferencia del riesgo. 8. Respuesta ante desastres. 9. Rehabilitación y reconstrucción. 10. Coordinación interinstitucional para la gestión de riesgos. a. Mecanismos de comunicación interinstitucional. b. Mecanismos de conexión del mundo académico científico con organismos gubernamentales. c. Mecanismos de coordinación con actores locales. d. Coordinación con gobiernos municipales. 11. Transferencia del conocimiento. a. Comunicación comunitaria permanente. b. Redes de comunicaciones. c. Transferencia de información y conocimiento. d. Estrategias de comunicación. 12. Estrategia de género. 13. Organización comunitaria. 14. Sistemas de alerta temprana. 15. Estudio de caso.
15	Formulación de Planes de Gestión de Riesgos	1. Plan nacional de gestión de riesgos. 2. Planes comunitarios de gestión de riesgos. 3. Ejes transversales de los planes de gestión de riesgos. 4. Participación ciudadana y comunitaria. 5. Escenarios de riesgos. 6. El marco lógico por resultados. 7. Estudio de caso. 8. Elaboración de un plan municipal de gestión de riesgos. 9. Información y divulgación de los planes y proyectos de gestión de riesgos. 10. Evaluación de los planes de gestión de riesgos. 11. Análisis económico de los planes. 12. Implementación de planes de gestión de riesgos. 13. Seguimiento y evaluación de planes. 14. Planes de contingencia.
16	Gerencia de los Desastres	1. Fundamento de los desastres. 2. Clasificación de los desastres. 3. Ciclo de los desastres. 4. Aspectos metodológicos y conceptuales para la evaluación de desastres. 5. Protocolos internacionales para el manejo de desastres. 6. Aspectos económicos y financieros de los desastres. 7. Experiencias sobre atención de desastres en Centroamérica. 8. Gestión de desastres. 9. Metodologías para la evaluación de desastres. 10. Medición del impacto de los desastres. 11. Prevención de desastres. 12. Manejo y control de operaciones de emergencia. 13. Organización social para situaciones de emergencia. 14. Coordinación interinstitucional. 15. Mitigación de desastres. 16. Recuperación y reconstrucción ante desastres. 17. Estudios de caso de desastres en El Salvador y Centroamérica.

Personal Docente para impartir la Maestría en Evaluación de Peligrosidades Naturales.

NO	PROFESOR	ESPECIALIDAD	INSTITUCIÓN
1	Dr. Giuseppe Giunta, Italia	Geología, Tectónica y Geodinámica	Dipartimento DISTEM Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) – (ex Geologia), Università di Palermo, Italia. giuseppe.giunta@unipa.it
2	Dr. Edoardo Rotigliano, Italia	Peligrosidades Geomorfológicas	Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) – (ex Geologia), Università di Palermo, Italia. edoardo. rotigliano@unipa.it
3	Dr. Christian Conoscenti, Italia	Peligrosidades Hidrometeorológicas, Pérdida de suelo por erosión	Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) – (ex Geologia), Università di Palermo, Italia. christian. conoscenti@unipa.it
4	Dra. Chiara Cappadonia, Italia	Peligrosidades Geomorfológicas	Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) – (ex Geologia), Università di Palermo, Italia. chiara. cappadonia@unipa.it
5	Dr. Valerio Agnesi, Italia	Peligrosidades Geomorfológicas	Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) – (ex Geologia), Università di Palermo, Italia. valerio. agnesi@unipa.it
6	Dr. Attilio Sulli, Italia	Peligrosidades Marino Costeras (Tsunamis)	Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) – (ex Geologia), Università di Palermo, Italia. attilio. sulli@unipa.it
7	Dr. Antonio Caprai, Italia	Peligrosidades Volcánicas Geo Química de Gases	Consiglio Nazionale delle Ricerche, Pisa, Italia caprai@igg.cnr.it
8	Dra. Sabina Pofido, Italia	Sismología y Vulcanología	Consiglio Nazionale delle Ricerche, Napoli, Italia sabina.porfido@iamc.cnr.it
9	Dra. Eliana Espósito, Italia	Vulcanología y Sismología	Consiglio Nazionale delle Ricerche, Napoli, Italia eliana.esposito@iamc.cnr.it
10	Dr. Crescenzo Violante, Italia	Peligrosidades Marino Costeras	Consiglio Nazionale delle Ricerche, Napoli, Italia crescenzo.violante@iamc.cnr.it
11	Dr. Silvio Rotolo, Italia	Vulcanología	Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) – (ex Geologia), Università di Palermo, Italia. silvio. rotolo@unipa.it
12	Dr. Benedetto Abate, Italia	Peligrosidades Geoambientales	Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DISTEM) – (ex Geologia), Università di Palermo, Italia. benedetto. abate@unipa.it
13	Ing. M. Sc. Luis Fernando Castaneda Romero	Manejo de Cuencas Hidrográficas	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas fcastanedar@yahoo.com
14	Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia	Desarrollo Rural	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas earu_1663@yahoo.com.mx
15	Dr. Francisco Lara Ascencio	Educación Agrícola	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas fcolaraa@yahoo.es
16	Dr. Reynaldo López Landaverde	Suelos	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas agrorey@yahoo.es
17	Ing. M. Sc. Carlos Armando Villalta	Manejo de Cuencas Hidrográficas	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas carlos_villalta@yahoo.com
18	Ing. M. Sc. Rodrigo Alfredo Montes Miranda	Asentamientos Humanos y Evaluación Ambiental	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas

NO	PROFESOR	ESPECIALIDAD	INSTITUCIÓN
19	Lic. M. Sc. Karina Guardado	Fotogrametría y GeoInformática, especialidad en Gestión de Bases de Datos Geográficas	Universidad de El Salvador karina@cimat.ues.edu.sv
20	Lic. M. Sc. Luis Castillo	Geofísica con especialidad en Fotogrametría y GeoInformática	Universidad de El Salvador luiscastillor@gmail.com
21	Ing. M. Sc. Guillermo Santos, Guatemala	Sistemas de Información Geográfica y Fotogrametría	Universidad de San Carlos de Guatemala (FAUSAC) wsantosmm@yahoo.com
22	Arqta. M. Sc. Giovanna Maselli, Guatemala	Planificación Territorial con enfoque de Gestión de Riesgos	Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Arquitectura gbmaselli@gmail.com
23	Dr. Dionisio Rodríguez, Nicaragua	Geología	UNAN –CIGEO, Managua dirod@cigeo.edu.ni
24	Ing. M. Sc. Marvin Valle, Nicaragua	Geología y Vulcanología	UNAN –CIGEO, Managua mvalleorozco@gmail.com mvalleorozco@gmail.com
25	Dr. Francisco Espinoza, Nicaragua	Geología	UNAN –CIGEO, Managua carlosrubitellez@yahoo.com
26	Ing. M. Sc. Anibal Martínez	Agronomía	amartinez@csuca.org
27	Ing. M. Sc. Rodrigo Moreno Mora, Ecuador	Análisis Espacial con especialidad en Sistemas de Información Geográfica, Análisis Espacial, Teledetección y Catastros Municipales	CLIRSEN – Centro de Levantamientos Integrados de Recursos Naturales por Sensores Remotos rodrigo. moreno@clirsen.com
28	Ing. M. Sc. Miguel Angel Hernández Martinez	Sistemas de Información Geográfica.	Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. hernandez_mhm@yahoo.com

Colaboraciones institucionales y sinergias

Collaborazioni istituzionali e sinergie

El plan operativo del proyecto incluye entre las fases prioritarias, la mejora de la colaboración entre la academia y las instituciones responsables de la protección contra los riesgos naturales y la búsqueda de sinergias con los diversos programas que se llevan a cabo en Centroamérica, con el fin de optimizar el aspecto técnico-científico y profesional de utilidad para alcanzar el objetivo de llegar a las comunidades en situación de riesgo con una información más acorde a las exigencias de prevención, incluso a través de los organismos de respuesta.

Además de los acuerdos con las instituciones líderes en el tema en Centroamérica, citados al comienzo de este volumen, estipulados para la ejecución de actividades específicas del proyecto, especialmente con el apoyo del SICA- Sistema de la Integración Centroamericana, el CSUCA - Consejo Superior Universitario de Centro América y el CEPREDENAC - Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en Centro América, se considera mencionar, entre otros: - CONRED Guatemala, INSIVUMEH Guatemala, SNET / Observatorio Ambiental El Salvador, Protección Civil El Salvador, SINAPRED Nicaragua, INETER Nicaragua.

La contribución de estas instituciones es de gran importancia tanto en el ámbito formativo como en la aplicación en zonas de riesgo y aunque no se citan expresamente, está incorporado en los diferentes capítulos técnicos del volumen.

Más adelante, en el capítulo 10, se incluyen algunas intervenciones de especialistas que trabajan en el tema de los riesgos naturales, proyectos similares que pertenecen a la Cooperación Italiana, a organismos regionales o universidades centroamericanas y ONG con los que se ha establecido una fructífera colaboración en el ámbito del proyecto.

Il piano operativo del progetto ha previsto, tra le fasi prioritarie, il miglioramento della collaborazione tra l'Accademia e le Istituzioni preposte alla salvaguardia dai rischi naturali, e la ricerca di sinergie con programmi vari svolti in Centro America, allo scopo di ottimizzare l'aspetto tecnico-scientifico e professionale utile al conseguimento dell'obiettivo di raggiungere le comunità a rischio con una informazione più calibrata possibile alle esigenze della prevenzione, anche attraverso gli organismi di risposta.

A parte gli accordi con le principali Istituzioni di settore in Centro America, citate all'inizio del presente volume, stipulati per la esecuzione di specifiche attività di progetto, specie con il supporto del SICA-Sistema de la Integracion Centroamericana, del CSUCA-Consejo Superior Universitario Centroamericano, e del CEPREDENAC-Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central, si ritiene menzionare tra gli altri: - CONRED Guatemala, INSIVUMEH Guatemala, SNET/ Observatorio Ambiental El Salvador, Proteccion Civil El Salvador, SINAPRED Nicaragua, INETER Nicaragua.

Il contributo delle suddette istituzioni è di grande importanza sia nel campo accademico-formazionale che in quello applicativo in aree a rischio, ed anche se non espressamente citato è inglobato nei vari capitoli tecnici del volume.

Più avanti, nel capitolo 10, si includono alcuni interventi di specialisti operanti nel campo delle pericolosità naturali, appartenenti a progetti consimili della Cooperazione Italiana, a organismi regionali o universitari centroamericani, e a ONG, con i quali si è consolidata una proficua collaborazione nell'ambito del progetto.

Capítulo 1

GEOGRAFÍA Y CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS DE LA REGIÓN

GEOGRAFIA E CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE DELLA REGIONE

1.1

Fisiografía

Fisiografia

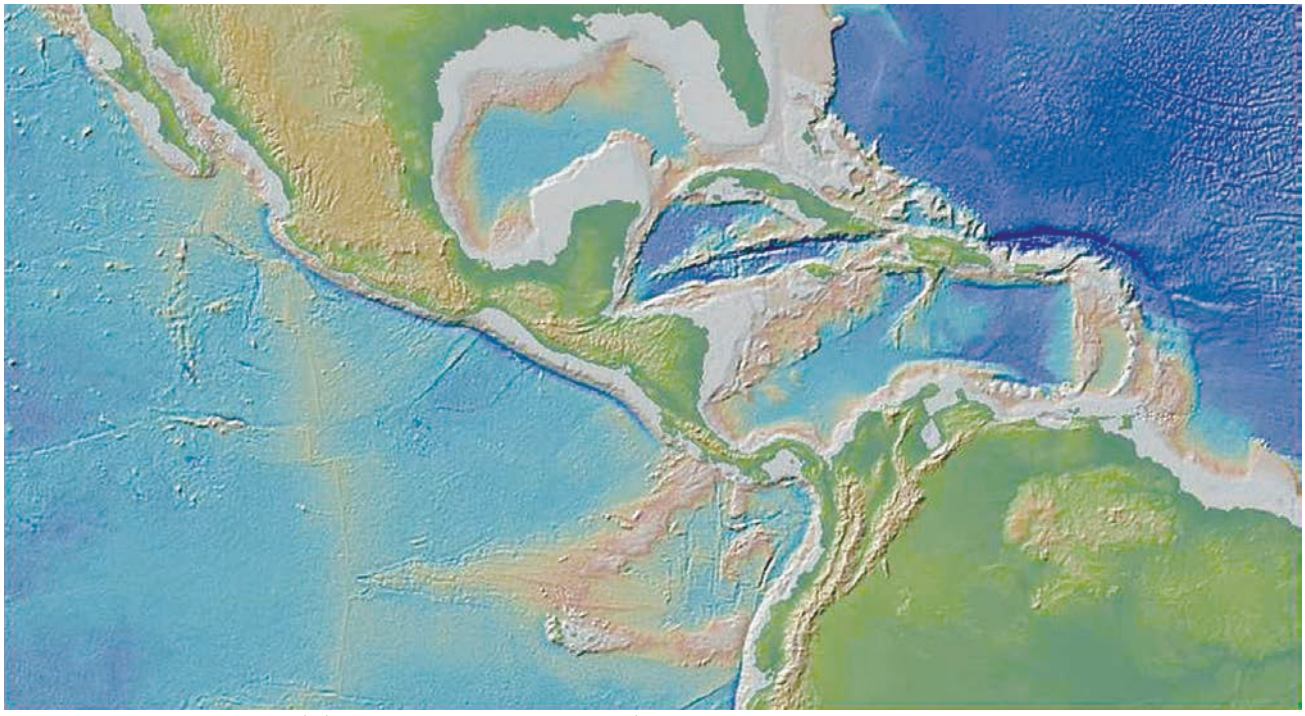


Fig.1.1 - Imagen GeoMapApp de la región centroamericana y caribeña.

La región centroamericana se extiende, aproximadamente, por unos 517,385.36 km² comprendiendo siete países: Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá, con características geográficas, históricas, culturales, políticas y económicas similares.

Se extiende por bajas latitudes: entre los 7° 12' 25" N y los 18° 29' 50" N. La coordenada de menor latitud corresponde a la isla panameña de Jicarita, ubicada al Sur de la Isla de Coiba, mientras la más septentrional corresponde al extremo Norte de Belice, en la frontera con México, cerca de la aldea mexicana Subteniente López.

Desde el punto de vista climático, en relación con la línea del ecuador, pertenece a la zona intertropical, la cual se extiende del Trópico de Cáncer, puesto a 23° 30' N, hasta el Trópico de Capricornio, ubicado a 23° 30' S. En referencia con el Meridiano 0° o de Greenwich, como el resto del continente americano, la región centroamericana se encuentra en el Hemisferio Occidental, entre el punto más oriental de coordenadas 77° 10' 23" W, límite entre Panamá y Colombia, en la localidad de Alto Limón, y

La regione centroamericana si estende per 517.385,36 km² e comprende sette paesi, Belize, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica e Panama, con caratteristiche geografiche, storiche, culturali, politiche ed economiche simili.

Si estende a basse latitudini tra i 7° 12' 25" N ed i 18° 29' 50" N. La coordinata a minor latitudine corrisponde all'isola panamense di Jicarita, ubicata al Sud dell'Isola di Coiba, mentre quella più settentrionale corrisponde all'estremo Nord del Belize, al confine col Messico, vicino al villaggio messicano Sottotenente López.

Dal punto di vista climatico, in relazione con la linea dell'equatore, appartiene alla zona intertropicale, tra 23° 30' N e 23° 30' S. In riferimento al Meridiano di Greenwich, come il resto del continente americano, la regione centroamericana si trova nell'Emisfero Occidentale, tra il punto più orientale di coordinate 77° 10' 23" W, limite tra Panama e Colombia, nella località di Alto Limon,

el punto más occidental de coordenadas 92° 12’ 56” W, que corresponde a la desembocadura del Río Suchiate, límite entre México y Guatemala, en el sector Pacífico.

La región centroamericana (Fig.1.1), constituye una estrecha franja de tierra que une los continentes Norte y Suramericano y separa dos masas de agua: el Océano Pacífico y el Mar Caribe. Tal característica de Istmo, de tipo geográfico, es poco frecuente en el mundo, de hecho, el Istmo Centroamericano e el más grande y complejo incluso por la presencia de porciones particularmente estrechas que dan lugar a diversos istmos menores. Entre el Cabo de Catoche, en la Península de Yucatán y el puerto guatemalteco de Champerico, en el Pacífico, se miden 960 km de ancho del istmo; más al Sur, el istmo se restringe hasta los 200 km de ancho, entre el Lago de Izabal y la frontera entre Guatemala y El Salvador.

Hacia el Este, la extensión de tierra mide 535 km, al Norte de Nicaragua, entre el Cabo Gracias a Dios y el volcán Cosigüina. Al Sur de Nicaragua, en cercanías del Lago del mismo nombre, están presentes algunos istmos menores, como el ubicado a la altura de la Bahía de San Juan del Norte.

Al Norte de Costa Rica, el istmo adquiere anchura gracias a la presencia de la Península de Nicoya, mientras al Sur, entre la costa del Caribe y el Golfo Dulce, mide 115 km. Distancias menores, entre el Mar Caribe y el Océano Pacífico, se encuentran en Panamá: en esta parte de Centro América se tienen los istmos menos amplios, como los de Chiriquí, Panamá y Darién. La extensión del Istmo de Chiriquí es de 68 km de ancho, el de Darién es de 62 km, mientras el Istmo de Panamá, sede del famoso Canal homónimo, mide 59 km entre los puertos de Colón (Caribe) y Balboa (Pacífico).

El sector septentrional de Centroamérica, caracterizado por una mayor extensión del territorio y con forma más cuadrada, está dividido en diferentes realidades nacionales con limitados recursos costeros.

Guatemala posee una limitada extensión costera en el Mar Caribe y mayor en la vertiente pacífica. Belice y El Salvador tienen una sola vertiente costera, respectivamente el Mar Caribe y el Océano Pacífico; Nicaragua, Costa Rica, y sobre todo Panamá gozan de costas a lo largo del Pacífico y el Caribe.

Centroamérica representa geográficamente el enlace físico, sin interrupciones, entre el Norte y el Sur de las Américas de tierras emergentes extendidas desde la

e il punto più occidentale di coordinate 92° 12’ 56” W che corrisponde alla foce del Fiume Suchiate, limite tra Messico e Guatemala nel settore Pacifico.

La regione centroamericana (Fig.1.1), costituisce una stretta striscia di terra che separa le due masse di acqua dell’Oceano Pacifico e del Mar dei Caraibi. Tale caratteristica di istmo è un carattere geografico poco frequente nel mondo, infatti, l’Istmo centroamericano è il più grande e complesso anche per la presenza di porzioni particolarmente strette che danno luogo a diversi istmi minori. Tra il Capo di Catoche nella Penisola di Yucatan ed il porto guatemalteco di Champerico nel Pacifico, si misurano 960 km di larghezza dell’istmo; più a Sud l’istmo si restringe sino a 200 km di larghezza, tra il Lago Izabal e il confine tra Guatemala ed El Salvador.

Verso Est la lingua di terra misura 535 km nel nord del Nicaragua, tra il capo Gracias a Dios e il vulcano Cosiguina. Nel sud del Nicaragua, in prossimità del Lago omonimo, sono presenti alcuni istmi minori, come quello all’altezza della Baia di San Juan del Norte.

Nel nord del Costa Rica l’istmo acquista larghezza per la presenza della Penisola di Nicoya, mentre al sud, tra la costa dei Caraibi e il Golfo Dulce, misura 115 km. Minori distanze tra il Mar dei Caraibi e l’Oceano Pacifico si rinvengono a Panama: in questa parte del Centro America si hanno gli istmi meno ampi, come Chiriqui, Panama e Darien. L’estensione dell’Istmo di Chiriqui è di 68 km, quello di Darién è di 62 km, mentre l’istmo di Panama, sede del famoso Canale omonimo, misura 59 km tra i porti di Colon (Caraibi) e Balboa (Pacifico).

Il settore settentrionale del Centro America, essendo caratterizzato da una maggior estensione del territorio e con forma più quadrata, è diviso in diverse realtà nazionali con limitate risorse costiere.

Il Guatemala ha una limitata estensione costiera nel Mar dei Caraibi e maggiore nel versante Pacifico. Belize e El Salvador possiedono un solo versante costiero, rispettivamente il Mar dei Caraibi e l’Oceano Pacifico; Nicaragua, Costa Rica, e soprattutto Panama hanno coste lungo il Pacifico e i Caraibi.

Il Centro America rappresenta geograficamente il raccordo fisico tra il nord ed il sud delle Americhe, senza soluzione di continuità di terre emerse estese dalla latitudine

latitud 75°20’ Norte, en Alaska, hasta la latitud 55° Sur, del estrecho de Magallanes en la Tierra del Fuego. La continuidad física de Norte a Sur de tierras emergidas acumuladas a 120°20’ de latitud, aspecto único en todo el globo terrestre, condiciona globalmente la circulación de las corrientes oceánicas. El área caribe, por estas condiciones geográficas de la América ístmica, es la fuente de los fenómenos meteorológicos extremos que golpean en modo particular las costas orientales de la América septentrional.

75°20’ N in Alaska alla latitudine 55° S dello stretto di Magellano nella terra del Fuoco. La continuità fisica da Nord a Sud di terre emerse, ammontante a 120°20’ di latitudine, aspetto unico in tutto il globo terrestre, condiziona globalmente la circolazione delle correnti oceaniche. L’area caraibica, per queste condizioni geografiche dell’America istmica, è la sorgente dei fenomeni metereologici estremi che colpiscono particolarmente le coste orientali dell’America settentrionale.

1.2

Datos morfológicos

Cenni morfologici

OROGRAFÍA

América Central es un área bastante montañosa, cuyo origen es atribuible a tres tipos principales: tectónico, volcánico-tectónico y volcánico.

Relieves montañosos y altiplanos están presentes en el centro de Guatemala, al Oeste de Belice, en el Noroeste y en la zona central de Honduras y en el extremo Norte de Nicaragua. A esta tipología pertenecen: La Sierra Madre, Los Altos de los Cuchumatanes (Fig. 1.2), la Sierra de Chamá, la Sierra de Santa Cruz, la Sierra del Chuacús, la Sierra de las Minas en Guatemala; los montes Mayas en Belice, las Sierras del Merendón, Nombre de Dios y la Esperanza en Honduras y las Sierras de Dipilto y Jalapa en Nicaragua.

Los relieves Volcánico-Tectónicos están presentes en el Sureste de Guatemala, en el Sur de Honduras, en el Norte de El Salvador, al centro de Nicaragua, al Sur y al Este de Costa Rica y en casi todas las montañas de Panamá. En El Salvador, se hallan los macizos de Metapán, Alotepeque, Nahuaterique y Cacahuatique-Corobán. En Honduras, se encuentra el Cerro Celaque que es uno de los puntos de máxima elevación del país.

Estos relieves revisten una significativa importancia para Nicaragua, dado que los mismos ocupan el centro del país (Fig. 1.3). Ellos están presentes a ambos lados del valle Estella en el Noroeste, los altiplanos de Las Tablas Moroponte, el altiplano de Hato Grande al Sur, las colinas de Bosawas, Darienses, Amerrisque Chantalenas, proyectada sobre la vertiente del caribe.

OROGRAFIA

L’America centrale è un’area abbastanza montagnosa, la cui origine è ascrivibile a tre tipi principali: tettonica, vulcano-tettonica e vulcanica.

Rilievi montuosi e altopiani sono presenti al centro del Guatemala, ad Ovest del Belize, nel nord-est e nella zona centrale dell’Honduras e nell’estremo nord del Nicaragua, quali: la Sierra Madre, gli Altos de Cuchumatanes (Fig. 1.2), la Sierra de Chamá, la Sierra de Santa Cruz, la Sierra de Chuacús, la Sierra de las Minas in Guatemala; i monti Mayas nel Belize, le Sierras del Merendón, Nombre de Dios y la Esperanza in Honduras; le Sierras di Dipilto e Jalapa in Nicaragua.

I rilievi vulcano-tettonici sono presenti nel Sud-Est del Guatemala, nel Sud dell’Honduras, nel nord di El Salvador, al centro del Nicaragua, a sud e a ovest del Costa Rica e in quasi tutte le montagne di Panama. In El Salvador, si rinvengono i massicci di Metapan, Alotepeque, Nahuaterique e Cacahuatique-Coroban. In Honduras, si trova il Cerro Celaque che è uno dei punti di massima elevazione del paese.

Questi rilievi hanno un’importanza significativa per il Nicaragua, dato che essi occupano il centro del paese (Fig. 1.3). Essi sono presenti su entrambi i lati della valle Estella nel Nord-Ovest, gli altopiani di Las Tablase Moroponte, l’altopiano di Hato Grande a sud, le colline di Bosawas, Darienses, Amerrisque Chantalenas, proiettate sul versante caraibico.



Fig. 1.2 – Detalle de la morfología de la planicie de los Altos de los Cuchumatanes (Guatemala).



Fig. 1.3 – Panorama de las áreas internas de Nicaragua (Estelí).



Fig. 1.4 – Un particular de la Cordillera volcánica de Centroamérica (Guatemala).



Fig. 1.5 - Panorama aéreo de parte de la Ciudad de Guatemala.

En Costa Rica y Panamá, estos relieves son unidades muy pequeñas: las penínsulas de Nicoya y Osa en Costa Rica y la Cordillera de San Blas en Panamá, al Sur de la frontera entre Colombia y el Darién, las llamadas colinas de Juradó, Sapo, Jugurundó, Espavé, Bagre y Pirre.

Otras importantes montañas volcánico-tectónicas al Este de la región centroamericana son la Cordillera de Talamanca, en la cual se encuentra el Cerro Chirripo, el Terbi y el volcán Baru. Una serie de cordilleras medianamente altas constituyen este tipo de estructuras que atraviesan longitudinalmente el territorio panameño, en particular en el extremo oriental, como la cordillera del Darién y la colina Tacarcuna.

Los relieves volcánicos constituyen la Cordillera Volcánica de América Central (Fig. 1.4), que se extiende desde Guatemala en línea recta, con orientación Noroeste-Sureste, hasta el centro de Costa Rica, con más de 75 volcanes de diferentes dimensiones. Los volcanes más altos se hallan en Guatemala: el Tajumulco, que alcanza los 4,220 metros de altitud, el Acatenango, el Santa María, el de Agua y el de Fuego.

En El Salvador, los volcanes del Cinturón centroamericano son más bajos, como es el caso del de Santa Ana, San Miguel y San Vicente. En Nicaragua, se encuentran imponentes macizos volcánicos, como Momotombo, San Cristóbal y Concepción, y en Costa Rica los volcanes Arenal y Orosí.

Muchas ciudades de Centroamérica están ubicadas a lo largo de la Cordillera Volcánica o en las zonas internas de los altiplanos, a menudo adaptándose a la morfología de los sitios (Fig. 1.5).

RÉGIMEN HIDROGRÁFICO

Las principales características hidrológicas de la región están determinadas por la topografía y por las precipitaciones. En América Central, hay 17 cuencas hidrográficas compartidas que pertenecen a dos o más países. La superficie de estas cuencas representa el 36.69% del territorio, cerca de 183,276 kilómetros cuadrados. El país con el mayor número de cuencas hidrográficas compartidas es Guatemala; Belice, Costa Rica y Nicaragua poseen porcentajes similares, pero con valores menores.

En el Mar del Caribe se drena el 70% del territorio con cuerpos de agua de mayor caudal y longitud. La vertiente del Pacífico, en cambio, presenta cuerpos de agua más

In Costa Rica e Panama, questi rilievi sono unità molto piccole: le penisole di Nicoya e Osa in Costa Rica e la Cordigliera di San Blas a Panama, a sud della frontiera tra Colombia e Darien, le cosiddette colline di Juradó, Sapo, Jugurundó, Espavé, Bagre y Pirre.

Altre importanti montagne vulcano-tettoniche ad est della regione centroamericana sono la Cordillera de Talamanca, in cui si trovano il Cerro Chirripo, il Terbi e il vulcano Baru. Una serie di cordigliere mediamente alte costituiscono questo tipo di strutture che attraversano longitudinalmente il territorio panamense, in particolare all'estremità orientale, come la cordigliera del Darien e la collina Tacarcuna.

I rilievi vulcanici costituiscono la Cordigliera Vulcanica dell'America Centrale (Fig. 1.4), che si estende dal Guatemala in linea retta, con orientamento Nordovest-Sudest, fino al centro del Costa Rica, con più di 75 vulcani di diverse dimensioni. I vulcani più alti si trovano in Guatemala: Tajumulco che raggiunge i 4.220 metri di altezza, Acatenango, Santa María, Agua e Fuego.

In El Salvador, i vulcani della Cintura centroamericana sono più bassi, come il Santa Ana, San Miguel e San Vicente. In Nicaragua, si trovano imponenti edifici vulcanici, come Momotombo, San Cristobal e Concepcion, e in Costa Rica i vulcani Arenal e Orosi.

Molte città del Centro America sono ubicate lungo la Cordigliera Vulcanica o nelle zone interne degli altipiani, spesso adattandosi alla morfologia dei luoghi (Fig. 1.5).

REGIME IDROGRAFICO

Le principali caratteristiche idrologiche della regione sono determinate dalla topografia e dalle precipitazioni. In America Centrale vi sono 17 bacini idrografici condivisi che appartengono a due o più paesi. La superficie di questi bacini rappresenta il 36,69% del territorio, circa 183.276 km^2. Il paese con il maggior numero di bacini idrografici condivisi è il Guatemala; Belize, Costa Rica e Nicaragua hanno percentuali simili ma con valori minori.

Nel Mar dei Caraibi è drenato il 70% del territorio con corsi d'acqua di maggior portata e lunghezza. Il versante Pacifico invece, presenta corsi d'acqua più brevi e con flussi più rapidi, ove sono presenti laghi anche di grandi dimensioni e lagune.

Tra i laghi (Fig. 1.6) e i bacini più importanti della regione ci sono quelli del Nicaragua (Nicaragua e Managua), del

breves y con flujos más rápidos, donde están presentes lagos, incluso de grandes dimensiones, y lagunas.

Entre los lagos (Fig. 1.6) y las cuencas más importantes de la región se hayan los de Nicaragua (Nicaragua y Managua), de Guatemala (Izabal, Petén Itzá y Atitlán), de El Salvador (Ilopango y Coatepeque), de Honduras (Caratasca y Yojoa), y los de Panamá (Bayano, Alajuela e Gatún, estos últimos artificiales). De gran interés hidrográfico y paisajístico es el Río Dulce en Guatemala, como conexión entre el Lago de Izabal y el Mar Caribe.

Los altiplanos se alternan con áreas de sub-planicies de menor altitud, correspondiente a cuencas en depresión y áreas de acumulación de detritos.

El relieve está caracterizado por una morfología de las vertientes frecuentemente desconectada y escarpada, en general con saltos de alturas mayores a los 200-300 metros. La diferenciación altimétrica del relieve se compone de áreas de baja altura entre los 200 y los 1,000 metros sobre el nivel del mar; la gama baja va de los 1,000 a los 2,000 metros sobre el nivel del mar; la gama media va de los 2,000 a los 3,000 metros de altura; los montes altos son los superiores a los 3,000 metros hasta superar los 5,000 metros.

ÁREAS COSTERAS Y ARCHIPIÉLAGOS

La costa del Pacífico presenta un relieve de sub planicie, de lugares accidentados, al lado de una plataforma continental que limita con el lado interno de la Fosa Centroamericana, características poco propicias para la formación de archipiélagos. Hay solo un pequeño archipiélago de islitas en la desembocadura del Río Lempa, en la Bahía de Jiquilisco y en el Golfo de Fonseca y Nicoya (Fig. 1.7).

La isla de Cocos es una isla oceánica y está fuera de la plataforma continental americana, formada por relieves submarinos que lograron emerger. En el Caribe, la larga y poco articulada plataforma de Honduras y Nicaragua no da lugar a grandes islas a excepción de Utila en Honduras y Maíz en Nicaragua.

Son oceánicas las islas Cisnes, que pertenecen a Honduras, y San Andrés y Providencia, pertenecientes a Colombia, no obstante surgen del banco o altiplano submarino de Nicaragua. Las islas del golfo de Honduras son semi-oceánicas, emergiendo de una plataforma costera. Gracias a las condiciones favorables de desarrollo de bio construcciones coralinas, se encuentran

Guatemala (Izabal, Petén Itza e Atitlan), di El Salvador (Ilopango, e Coatepeque), dell'Honduras (Caratasca e Yojoa), e quelli di Panama (Bayano, Alajuela e Gatun, questi ultimi artificiali). Di grande interesse idrografico e paesaggistico è il Rio Dulce in Guatemala, quale collegamento tra il Lago Izabal e il Mar dei Caraibi.

Gli altopiani si alternano con aree sub-pianeggianti a minor altitudine, corrispondenti a bacini depressi e aree di accumulo detritico.

I rilievi sono caratterizzati da una morfologia dei versanti spesso scoscesa e ripida, in genere con salti di quote maggiori di 200-300 metri. L'andamento altimetrico si compone di aree a bassa quota tra i 200 e i 1.000 metri sul livello del mare, i rilievi bassi vanno da 1.000 a 2.000 metri sul livello del mare, quelli medi da 2.000 a 3.000 metri, i monti alti sono quelli superiori a 3000 metri fino a superare i 5.000 metri.

AREE COSTIERE ED ARCIPELAGHI

La costa del Pacifico presenta un rilievo sub-pianeggiante, a luoghi accidentato, affiancato ad una piattaforma continentale che limita il lato interno della Fossa Centroamericana, caratteristiche poco propizie alla formazione di arcipelaghi. C'è solo un piccolo arcipelago di isolette alla foce del Fiume Lempa, nella Baia di Jiquilisco e nel Golfo di Fonseca e Nicoya (Fig. 1.7).

L'isola di Cocos è un'isola oceanica fuori dalla piattaforma continentale americana, formata da rilievi sottomarini in parte emersi. Nei Caraibi la lunga e poco articolata piattaforma dell'Honduras e del Nicaragua non dà luogo a grandi isole ad eccezione di Utila in Honduras e Maiz in Nicaragua.

Sono oceaniche le isole Cisnes, che appartengono all'Honduras, e San Andres e Providencia appartenenti alla Colombia, nonostante il fatto che sorgono dal banco o altopiano sottomarino del Nicaragua. Le isole del golfo dell'Honduras sono semi-oceaniche, emergendo da una piattaforma costiera. Grazie alle favorevoli condizioni di sviluppo di biocostruzioni coralline, ci sono banchi piccoli e dispersi come: Pichones, Media Luna, Miskitos, French Man e altri.

Gli ambienti insulari di maggiore sviluppo si trovano in Belize e Panama. In Belize, un'ampia piattaforma è servita da base per la formazione di un fitto arcipelago di isole coralline, i Cayos, il secondo arcipelago corallino del

pequeños y dispersos bancos como: Pichones, Media Luna, Miskitos, French Man y otros.

Los ambientes insulares de mayor desarrollo se encuentran Belice y Panamá. En Belice, una robusta plataforma sirve de base para la formación de un archipiélago tupido de islas coralinas, los famosos Cayos, el segundo archipiélago coralino del mundo. En Panamá, ya sea en el Caribe como en el Pacífico, hay numerosos archipiélagos de origen volcánico y coralino (San Blas, en el Mar del Caribe y Las Perlas en el Océano Pacífico). La isla de Coiba es la parte emergente de una estructura tectónica de forma de columna subacuática considerada la más grande de toda América Central.

mondo. A Panama, sia nei Caraibi che nel Pacifico, ci sono numerosi arcipelaghi di origine vulcanica e corallina (San Blas nel Mar dei Caraibi e Las Perlas nell'Oceano Pacifico). L'Isola di Coiba è la parte emersa di una struttura tettonica di forma colonnare subacquea, considerata la più grande di tutta l'America centrale.



Fig. 1.6 – Lago de Coatepeque en El Salvador, uno de los lagos que caracterizan a Centroamérica.



Fig. 1.7 – La costa alta y accidentada de la Isla Meanguera (El Salvador) en el Golfo de Fonseca.

Capítulo 2

GEOLOGÍA Y TECTÓNICA

GEOLOGIA E TETTONICA

2.1

Datos de tectónica de placas

Cenni di tettonica a zolle

Con el fin de hacer más provechoso lo tratado en los capítulos técnicos que siguen, se ofrecen algunos elementos de geodinámica terrestre. La moderna teoría de la Tectónica de Placas representa hoy por hoy una explicación plausible sobre el origen y la distribución en el globo terrestre de los fenómenos sísmicos y volcánicos; tal teoría explica en particular la evolución de la parte más externa de la Tierra (litósfera y corteza) (Fig.2.1).

Según la teoría de la Tectónica de Placas, la corteza terrestre está dividida en porciones llamadas terrones o placas. Estas pueden contener continentes enteros o partes de océanos y de continentes que se mueven por efecto de los movimientos convectores sobre el manto subyacente. Las placas formadas solo por corteza oceánica son llamadas Placas Oceánicas, mientras aquellas sobre las cuales se encuentran continentes

Al fine di rendere più usufruibile la trattazione dei capitoli tecnici che segue, si forniscono alcuni elementi di geodinamica terrestre. La moderna teoria della Tettonica a Zolle rappresenta ad oggi una spiegazione plausibile dell'origine e della distribuzione sul globo terrestre dei fenomeni sismici e vulcanici; tale teoria spiega in particolare l'evoluzione della parte più esterna della Terra (litosfera e crosta) (Fig.2.1).

Secondo la teoria della Tettonica a Zolle, la crosta terrestre è divisa in porzioni chiamate zolle o placche. Queste possono contenere interi continenti o parti di oceani e di continenti che si muovono per effetto dei moti convettivi nel sottostante mantello. Le placche formate da sola crosta oceanica sono dette Placche Oceaniche, mentre quelle su cui si trovano interi continenti o parti

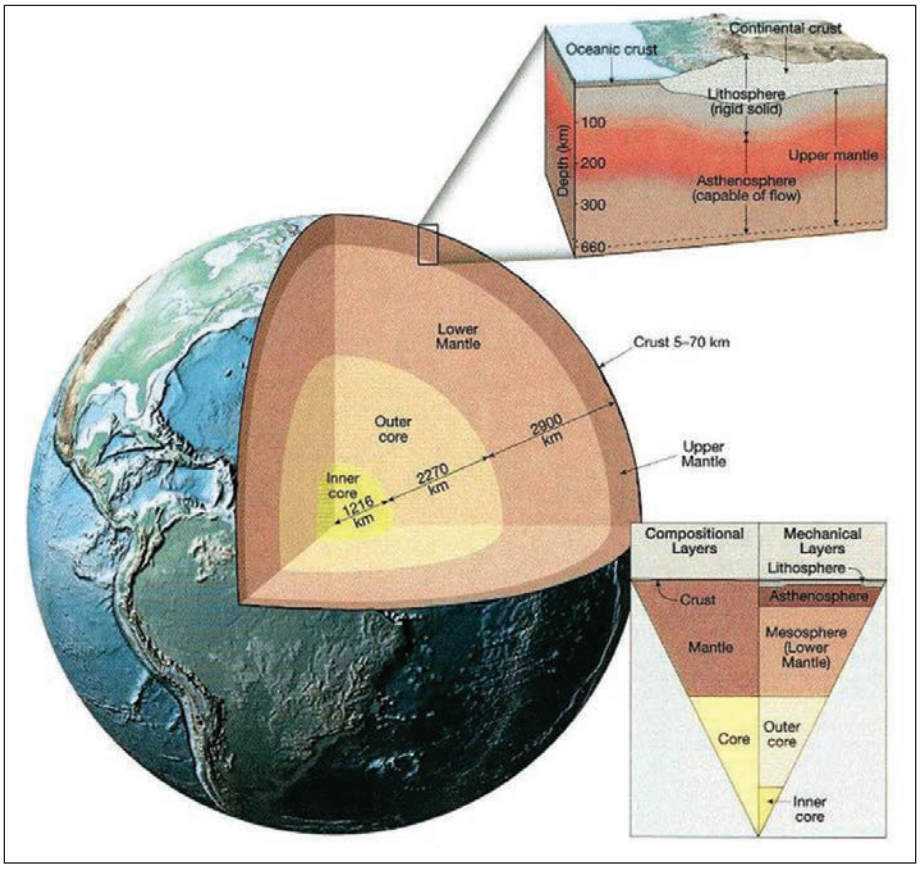


Fig. 2.1 - El proceso de enfriamiento del núcleo terrestre es considerado responsable del comportamiento dinámico de la capa más superficial de la Tierra, la Litósfera, que está formada por la Corteza y por la parte más externa del Manto. La Litósfera, que tiene un espesor que va de menos de 80 km en las áreas oceánicas a más de 200 km en las continentales, se comporta como un cuerpo rígido; por debajo de la Litósfera se halla la Astenosfera, formada por la parte alta del Manto que, respecto de la primera, tiene un comportamiento "más plástico".

enteros o parte de ellos se llaman Placas Continentales. Actualmente las placas principales son cerca de 14: Pacífica, Nazca, Cocos, Norteamericana, del Caribe, Suramericana, Escocia, Euroasiática, Africana, Arábiga, Indiana, Australiana, Filipinas, Antártica, las cuales se alternan, en ocasiones con placas de dimensiones más modestas. (Fig. 2.2).

Las placas están en relativo movimiento la una respecto de la otra, con velocidad variable de hasta algunos centímetros al año. A lo largo de los márgenes de las placas y al contacto con las placas contiguas, operan intensos campos de esfuerzos (fuerzas tectónicas) que, deformando las rocas litosféricas y corticales, causan variaciones químico-físicas con contínuas y graduales trasformaciones geológicas. Los movimientos a lo largo de la placa pueden ser de tipo divergente (rifting), transversal (movimiento lateral) y convergente (subducción) (Fig. 2.3).

Las zonas de rifting y de márgenes de expansión (creación de nueva corteza) están representadas por placas que se alejan las unas de las otras, con tasas de extensión horizontal muy lentas, por el orden de unos milímetros, 0.1-0.3mm/año para las áreas continentales, y con tasas muy veloces, variables de entre 10 a 100 mm/año, para las dorsales oceánicas (Fig. 2.4).

di essi si chiamano Placche Continentali. Attualmente le placche principali sono circa 14: Pacifica, Nazca, Cocos, Nord Americana, Caraibica, Sud Americana, Scotia, Euroasiatica, Africana, Arabica, Indiana, Australiana, Filippine, Antartica, alle quali si alternano talora placche di più modeste dimensioni (Fig. 2.2).

Le zolle sono in movimento relativo l'una rispetto all'altra, con velocità variabile fino ad alcuni cm all'anno. Lungo i margini delle zolle e al contatto con le zolle contigue, operano intensi campi di sforzi (forze tettoniche) che, deformando le rocce litosferiche e crostali, causano variazioni chimico-fisiche con continue e graduali trasformazioni geologiche. I movimenti lungo la placche possono essere di tipo divergente (rifting), trascorrente (movimento laterale) e convergente (subduzione) (Fig. 2.3).

Le zone di rifting e i margini di espansione (creazione di nuova crosta) sono rappresentate da placche che si allontanano le une dalle altre, con tassi di estensione orizzontale molto lenti, dell'ordine di qualche millimetro, 0.1-0.3mm/anno, per le aree continentali, e con tassi molto veloci, variabili da 10 a 100 mm/anno, per le dorsali oceaniche (Fig. 2.4).

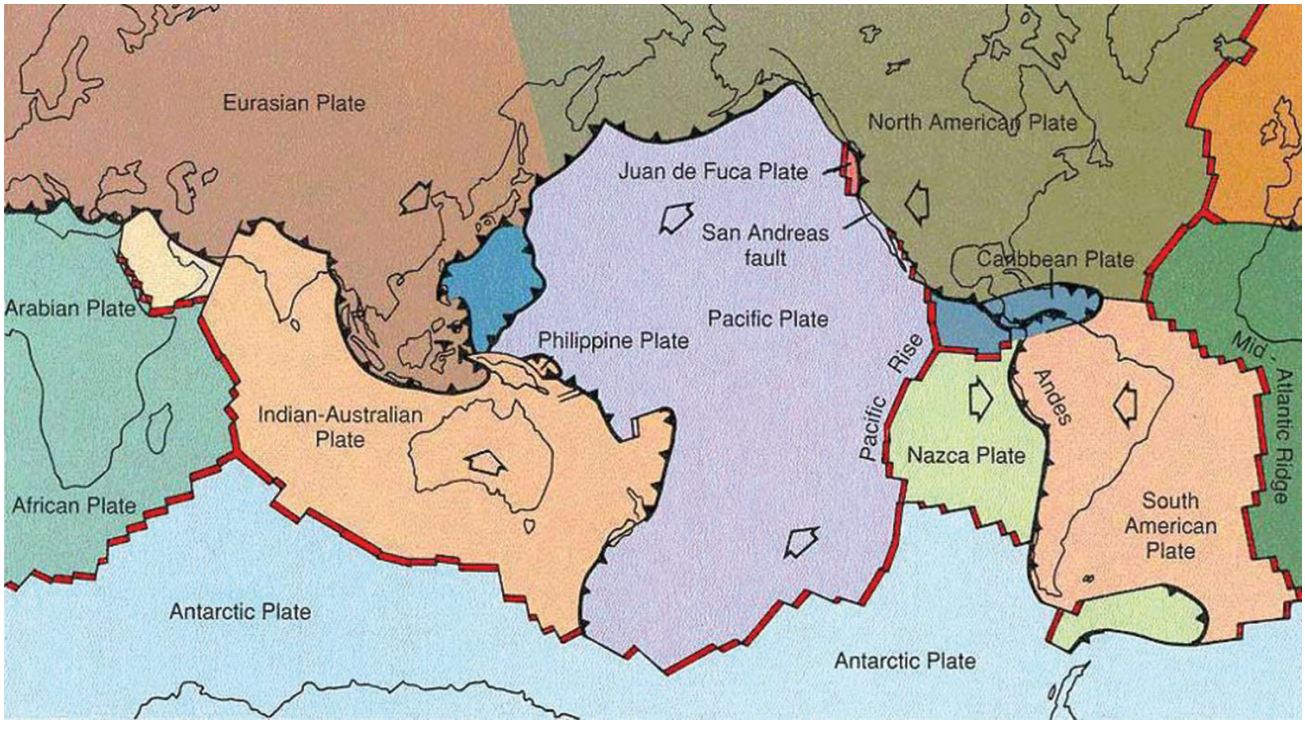


Fig. 2.2 - La litósfera rígida está subdividida en una docena de placas mayores, que no coinciden necesariamente con los continentes, y un gran número de placas secundarias. Estas "flotan" en modo complejo con velocidad de deriva variable sobre la Astenosfera subyacente.

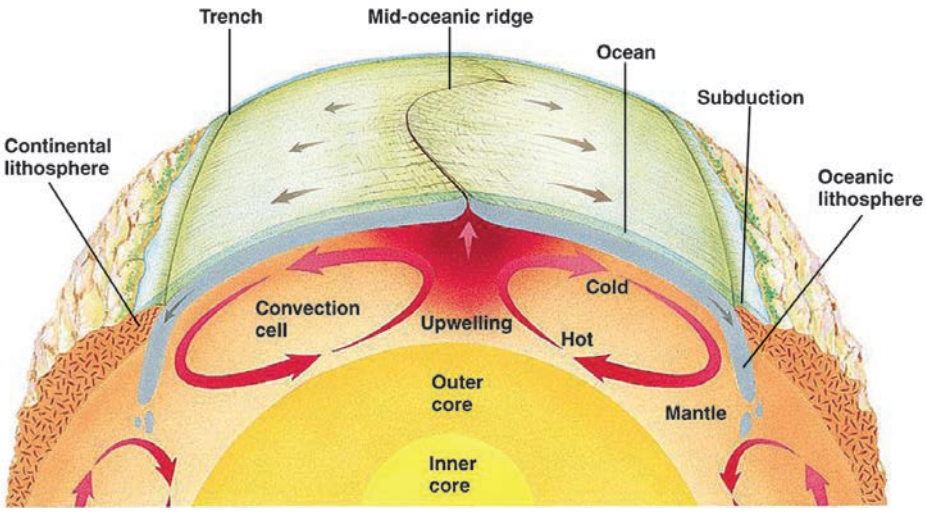


Fig. 2.3- Esquema de la dinámica cortical. El motor de los desplazamientos de las placas es proporcionado por los movimientos convectores del manto. Se reconocen los márgenes de compresión (subducción) y de extensión (dorsales oceánicas).

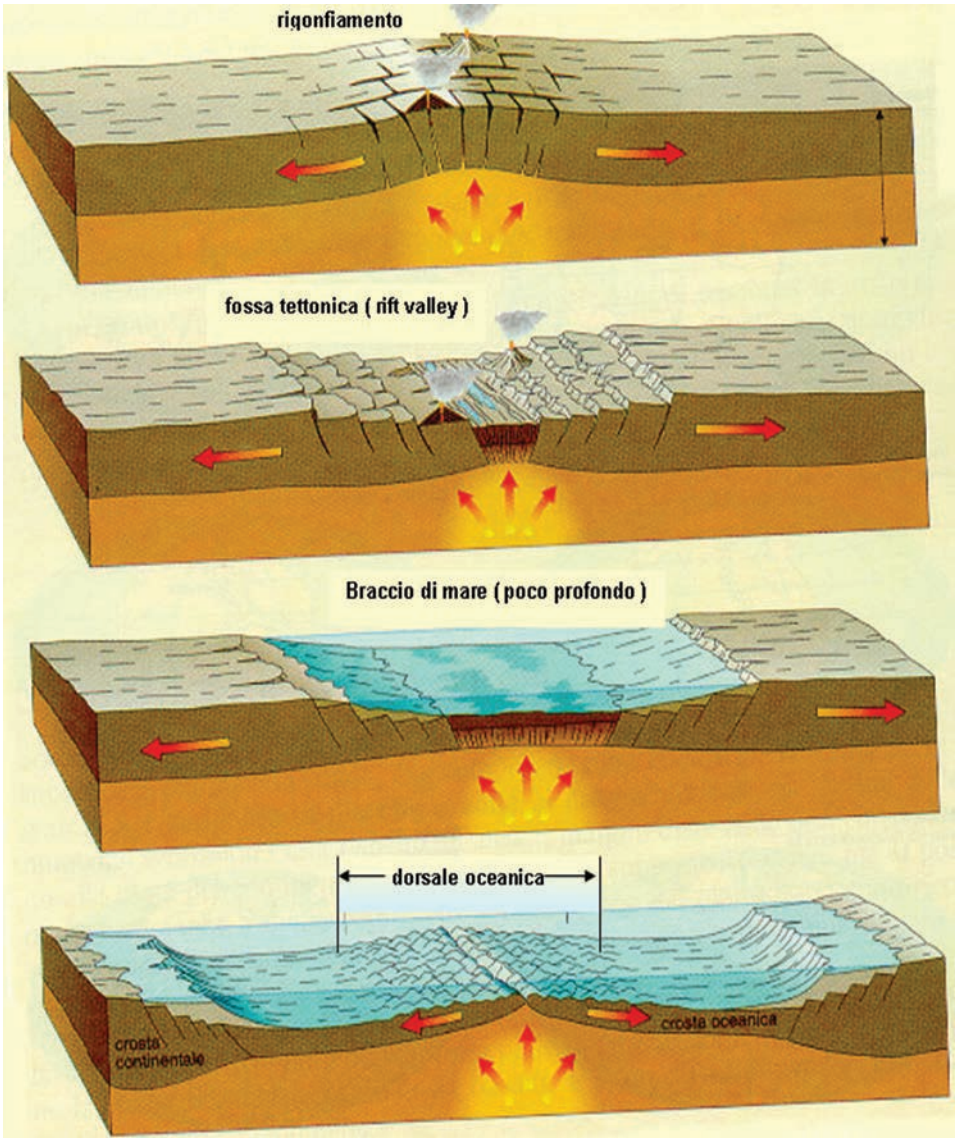
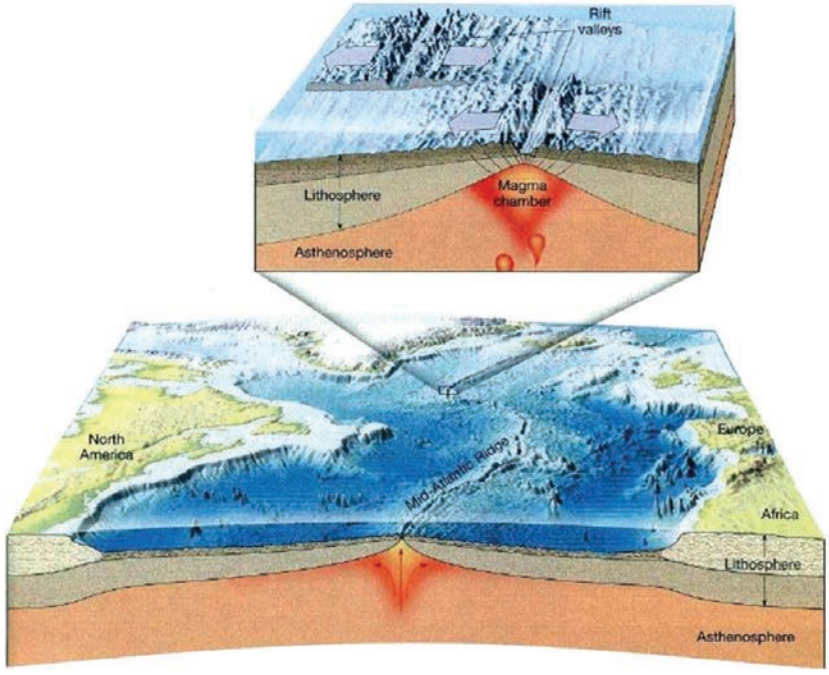


Fig. 2.4- Esquema de la evolución de los márgenes divergentes enfocados sobre la litósfera continental. El movimiento general divergente, debido a un inicial arqueamiento de la corteza por efecto de la presencia de flujo de calor, está compensado por adelgazamiento y fractura de la corteza existente (A-C) hasta la formación de un océano lineal (C). Cuando la separación de las dos porciones de corteza continental está completa, el espacio creado es "rellenado" por nueva corteza oceánica que se origina en correspondencia con la dorsal oceánica de nueva formación (D).

Fig. 2.5 – La formación de las fallas transformantes está ligada principalmente a la diferente velocidad de expansión a lo largo de la dorsal y, por consecuencia, por la cantidad de lava que es emitida a lo largo de esta. En los trechos en los que el fondo oceánico se expande más velozmente, las coladas son más abundantes, y se separa de las zonas que se expanden más lentamente.



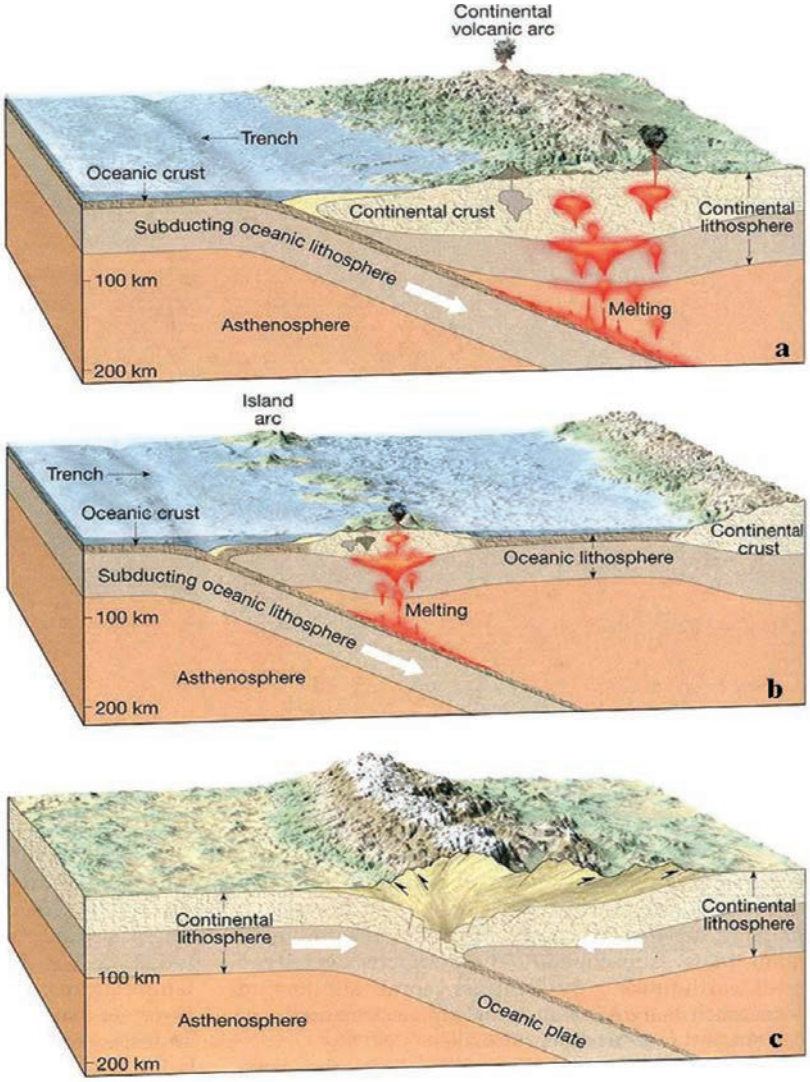


Fig. 2.6 – Diversos ambientes de subducción. a) Colisión Océano-Continente: formación de arcos volcánicos continentales; b) Colisión Océano-Océano: formación de arcos de islas volcánicas; c) Colisión Continente-Continente: formación de Cadenas montañosas de colisión.

Los márgenes de tipo transcurrente se generan cuando dos placas se mueven con predominante desplazamiento lateral. En estos sectores, la corteza no es jamás creada ni destruida y las placas se deslizan lateralmente la una respecto de la otra. En áreas oceánicas toman el nombre de fallas transformantes (Fig. 2.5), que se desarrollan con un andamiaje perpendicular a las dorsales oceánicas y un movimiento de sentido opuesto al mostrado por los desplazamientos de la dorsal, con el resultado de una producción de un margen divergente repetidamente segmentado.

Las placas se mueven con diferentes velocidades y sin apreciables variaciones de volumen de la litósfera, y con direcciones variables, en el tiempo y en el espacio.

Los márgenes convergentes o de subducción, se crean cuando dos placas se acercan la una a la otra. Si convergen dos placas oceánicas o una placa oceánica y una continental, con la primera que se desliza bajo la segunda, se genera el fenómeno llamado de subducción, en el cual la litósfera oceánica es arrastrada a la profundidad en el manto. Márgenes de colisión se forman cuando se enfrentan dos placas continentales y una de las dos se coloca bajo la otra con características casi similares a la subducción oceánica (Fig. 2.6).

Asociados a las zonas convergentes, se desarrollan importantes procesos geodinámicos que producen:

- las fosas, los prismas de acreción, los arcos volcánicos, los orogénicos de tipo cordillera, en el caso de las subducciones interoceánicas y de océano bajo continente;

- los orogénicos de tipo alpino-himalayo en el caso de colisiones continente-continente, con formación de cadenas montañosas prevalentemente constituidas por una serie de cuerpos rocosos de grandes dimensiones sobrepuestos los unos sobre los otros, como una pila tectónica que puede alcanzar espesores relevantes en términos corticales y litosféricos.

Los procesos geodinámicos (movimiento de placas y de micro placas) son verosímilmente responsables de acumulaciones y liberación de energía en la litósfera y en la corteza terrestre, que se manifiestan en fenómenos sísmicos y volcánicos; los movimientos verticales de la corteza, en particular los consecutivos al engrosamiento de la misma en las zonas de convergencias, induce al desarrollo de fenómenos geo-morfológicos, responsables del moldeamiento de la superficie terrestre.

I margini di tipo trascorrente si generano quando due placche si muovono con predominante spostamento laterale. In questi settori la crosta non viene mai né creata né distrutta e le zolle scorrono lateralmente l'una rispetto all'altra. In aree oceaniche prendono il nome di faglie trasformi (Fig. 2.5), che si sviluppano con un andamento perpendicolare alle dorsali oceaniche e un movimento di senso opposto a quello mostrato dagli spostamenti della dorsale, con il risultato di produrre un margine divergente ripetutamente segmentato.

Le placche si muovono con differenti velocità e senza apprezzabili variazioni di volume della litosfera, e con direzioni variabili, sia nel tempo che nello spazio.

I margini convergenti o di subduzione, si creano quando due placche si avvicinano l'una all'altra. Se a convergere sono due placche oceaniche, o una placca oceanica e una continentale, con la prima che sottoscorre alla seconda si genera il fenomeno detto di subduzione, dove la litosfera oceanica viene trascinata in profondità nel mantello. Margini collisionali si formano quando si affrontano due placche continentali e una delle due subduce sotto l'altra con caratteristiche quasi simili alla subduzione oceanica (Fig. 2.6).

Associati alle zone convergenti si sviluppano importanti processi geodinamici che producono:

- *le fosse, i prismi di accrezione, gli archi vulcanici, gli orogeni di tipo cordigliera, nel caso delle subduzioni intraoceaniche e di oceano sotto continente;*

- *gli orogeni di tipo alpino himalayano nel caso di collisioni continente-continente, con formazione di catene montuose prevalentemente costituite da una serie di corpi rocciosi di grandi dimensioni sovrapposti gli uni agli altri, come una pila tettonica che può raggiungere spessori rilevanti in termini crostali e litosferici.*

I processi geodinamici (moto delle placche e di microplacche) sono verosimilmente responsabili di accumuli e rilascio di energia nella litosfera e nella crosta terrestre, che si manifestano in fenomeni sismici e vulcanici; i movimenti verticali della crosta, specie quelli conseguenti all'ispessimento crostale nelle zone di convergenza, inducono lo sviluppo di fenomeni geomorfologici, responsabili del modellamento della superficie terrestre.

Un terremoto sucede cuando el esfuerzo, acumulado por largo tiempo dentro de la corteza terrestre, supera el umbral de resistencia a la ruptura de las rocas, que constituyen las placas. La ruptura se da a lo largo de un plano, llamado plano de falla y la energía almacenada en la corteza es instantáneamente liberada. La distribución de los epicentros de los terremotos muestra un desarrollo singularmente sistemático en el cuadro general de la sismicidad de la Tierra y define los límite de las placas litosféricas (Fig. 2.7). El 75.4% de la sismicidad se distribuye a lo largo del cinturón circumpacífico, el 22.9% a lo largo del cinturón Alpino-Asiático, la parte restante, 2%, se distribuye en el resto del mundo.

Otra consecuencia de la dinámica de las placas es la formación de aparatos volcánicos fuertemente correlacionados con la tipología de los márgenes de placa. En particular, la mayor parte de los volcanes activos está situada en proximidad de placas convergentes (zonas de subducción), a lo largo de los centros de expansión de las dorsales oceánicas y dentro de las placas mismas (puntos calientes) (Fig. 2.8).

En lo que respecta a las zonas de subducción, la mayor parte de los volcanes activos se halla siguiendo los márgenes continentales o los arcos insulares adyacentes a fosas oceánicas. En estas áreas, porciones de corteza oceánica se curvan hacia abajo hundiéndose en el manto.

La fusión de parte de la corteza oceánica y del manto por encima de la zona de subducción da origen a un magma de composición intermedia (andesítica), menos denso que la roca circundante que emigra hacia lo alto dando lugar a la formación, a menudo, de imponentes edificios volcánicos.

En el caso de márgenes divergentes, la mayor parte de los volcanes activos se encuentra a lo largo de las dorsales oceánicas, donde se verifica una continua expansión de las profundidades. La litósfera oceánica desplazándose lateralmente reduce la presión sobre las rocas subyacentes con el consiguiente descenso del punto de fusión de las rocas del manto. La fusión parcial de tales rocas genera magma basáltico que, en ascenso, alcanza la profundidad oceánica donde se expande en extensas coladas.

Porcentualmente inferior es el volcanismo interplaca (Fig. 2.9), donde el origen de tal actividad se debe buscar probablemente en la fusión parcial de rocas del subyacente manto superior, producido por los llamados puntos calientes (Fig. 2.10).

Un terremoto avviene quando lo sforzo, accumulato in tempi lunghi all'interno della crosta terrestre, supera la soglia di resistenza alla rottura delle rocce, che costituiscono le placche. La rottura avviene lungo un piano, detto piano di faglia, e l'energia immagazzinata nella crosta viene istantaneamente rilasciata. La distribuzione degli epicentri dei terremoti mostra un andamento singolarmente sistematico nel quadro generale della sismicità della Terra e definisce i limiti delle zolle litosferiche (Fig. 2.7). Il 75,4% della sismicità si distribuisce lungo la cintura circumpacifica, il 22,9% lungo la cintura Alpino-Asiatica, la restante parte, 2%, si distribuisce nel resto del mondo.

Altra conseguenza della dinamica delle placche è la formazione di apparati vulcanici fortemente correlati alla tipologia dei margini di placca. In particolare, la maggior parte dei vulcani attivi è situata in prossimità di placche convergenti (zone di subduzione), lungo i centri di espansione delle dorsali oceaniche, e dentro le zolle stesse (punti caldi), (Fig. 2.8).

Per quanto riguarda le zone di subduzione, la maggior parte dei vulcani attivi si trova lungo i margini continentali o gli archi insulari adiacenti a fosse oceaniche. In queste aree porzioni di crosta oceanica si incurvano verso il basso sprofondando nel mantello.

La fusione di parte della crosta oceanica e del mantello al disopra della zona di subduzione dà origine ad un magma a composizione intermedia (andesitica), meno denso della roccia circostante che migra verso l'alto dando luogo spesso alla formazione di imponenti edifici vulcanici.

Nel caso di margini divergenti, la maggior parte dei vulcani attivi si trova lungo le dorsali oceaniche, dove è in atto una continua espansione dei fondali. La litosfera oceanica spostandosi lateralmente riduce la pressione sulle rocce sottostanti con il conseguente abbassamento del punto di fusione delle rocce del mantello. La fusione parziale di tali rocce genera magma basaltico che, in risalita, raggiunge il fondale oceanico dove si espande in estese colate.

Percentualmente inferiore è il vulcanismo intraplacca (Fig. 2.9), dove l'origine di tale attività va cercata probabilmente nella fusione parziale di rocce del sottostante mantello superiore, prodotto dai cosiddetti punti caldi (Fig. 2.10).

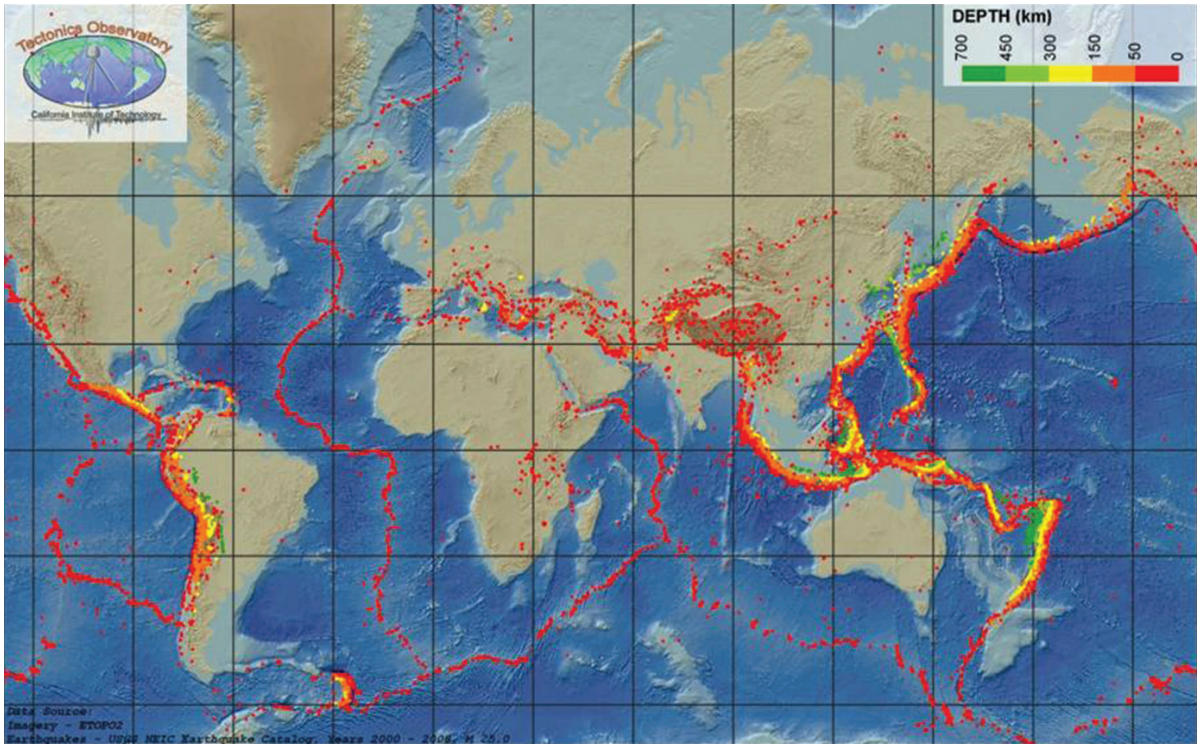


Fig. 2.7 – Distribución de la actividad sísmica mundial. Los puntos coloreados indican la sismicidad que está concentrada en los márgenes entre las placas. Los diversos colores indican las diferentes profundidades variando de pocos km (rojo) a casi 700 km (verde).

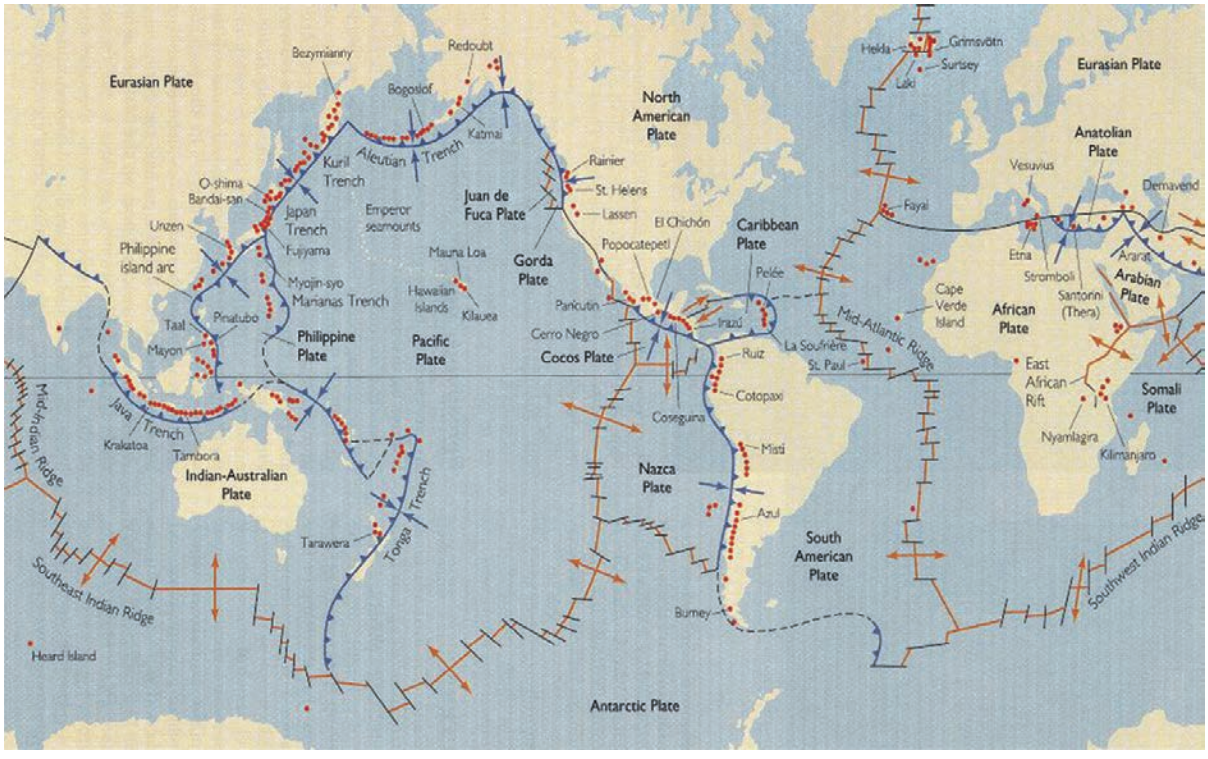


Fig. 2.8 – Distribución global de los principales volcanes activos. La mayor concentración se observa a lo largo de los márgenes de placa, o bien en las zonas de rift y expansión y en las zonas de subducción.

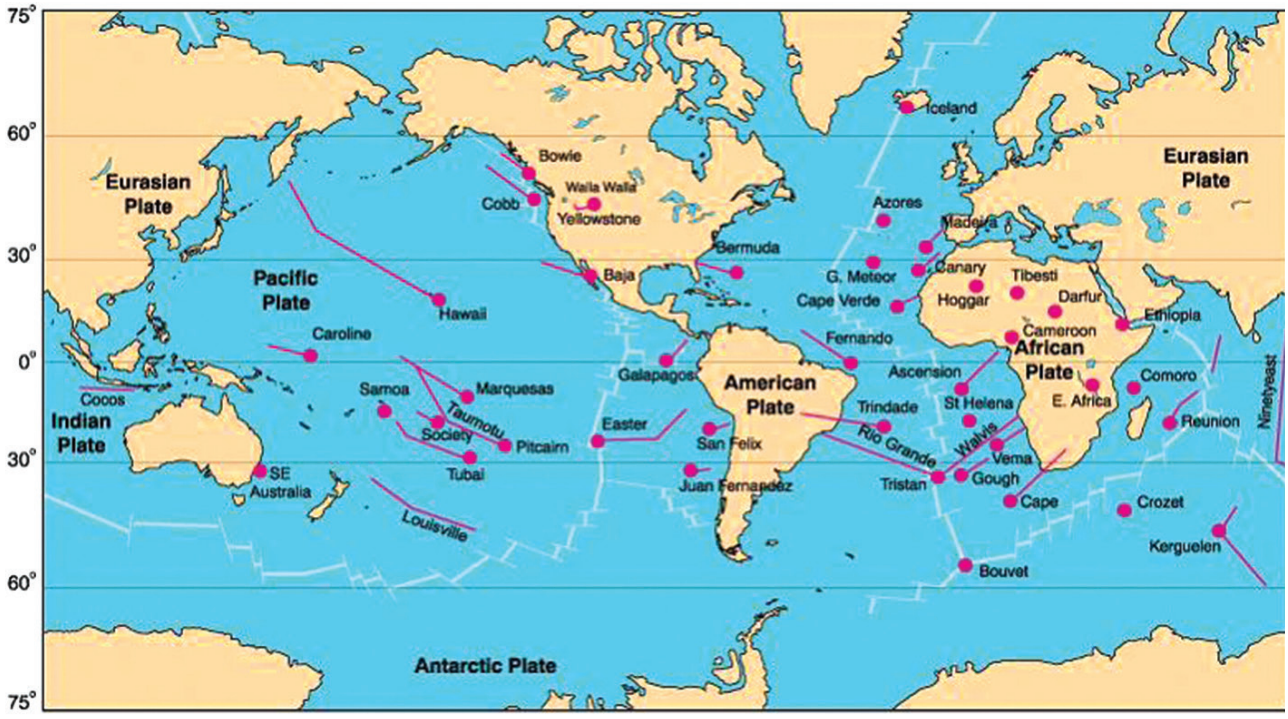


Fig. 2.9 – Distribución global de los principales volcanes activos "interplaca". Solo un modesto porcentaje de aparatos volcánicos está posicionado en el interior de las placas (hot spot).

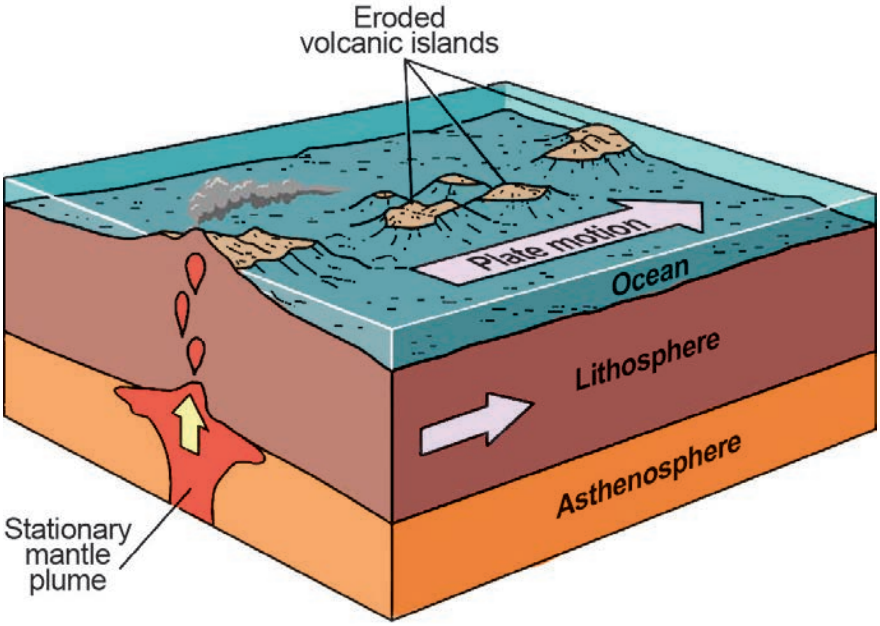


Fig. 2.10 Los Hot spot son puntos donde se verifica una anómala remontada del manto hacia la superficie terrestre, que determina la presencia de volcanismo que se mantiene activo por un larguísimo periodo de tempo.

2.2

El istmo centroamericano en el marco de la evolución de la Placa del Caribe

L'istmo Centroamericano nel quadro dell'evoluzione della placca caraibica

Desde hace más de veinte años la Placa del Caribe constituye uno de los más interesantes escenarios para el estudio de la evolución de un relativamente pequeño sector litosférico, bajo una más moderna visión de la "tectónica de placas".

No por casualidad, superadas una serie de dificultades de orden geográfico, político, cultural, bibliográfico etc., un grupo no muy numeroso de geólogos de varias nacionalidades, a veces reunidos bajo el auspicio del IGCP -International Geological Correlation Program-, ha dedicado sus recursos propios a la comprensión de la geología de estas regiones, intentando aún hoy reconstruir su evolución tectónica y geodinámica a través de la solución de los innumerables problemas que la Placa del Caribe presenta, buscando contribuir al mejoramiento del conocimiento en los varios sectores de competencia.

La síntesis que sigue, la verdad un poco "individualista", aun siendo breve y sin la pretensión de proveer una síntesis completa de la Placa del Caribe, quiere delinear de una forma más vasta el estado del debate científico actual. Esto en una región que, además de poseer un singular atractivo paisajístico y humano, representa uno de los mejores laboratorios naturales en el mundo para investigaciones en el campo de las Ciencias de la Tierra, en particular utilísimas para una mejor comprensión y evaluación de la peligrosidad natural.

La Placa del Caribe (Fig. 2.11) es hoy un elemento litosférico independiente de dimensiones de más de 4 millones de km^2, compuesto por una corteza nada o poco deformada de la plataforma oceánica de las Cuencas de Colombia y Venezuela (al menos 1 millón de km^2) y por la del bloque continental Chortis de edad Paleozoico-Mesozoico (cerca de 800,000 km^2), ambas circundadas por márgenes deformados (aproximadamente 2.5 millones de km^2), como resultado de la interacción, desde el Mesozoico a la actualidad, con las adyacentes Placas de Nazca, Cocos, Norte y Suramérica.

Da oltre venti anni la Placca Caraibica costituisce una delle più interessanti palestre per lo studio dell'evoluzione di un settore litosferico relativamente piccolo in una più moderna visione della "tettonica a zolle".

Non a caso, superate una serie di difficoltà di ordine geografico, politico, culturale, bibliografico etc., un gruppo non particolarmente numeroso di geologi di varie nazionalità, talora riuniti sotto l'egida dell' IGCP-International Geological Correlation Program, ha dedicato le proprie ricerche alla comprensione della geologia di queste regioni, tentando ancora oggi di ricostruirne l'evoluzione tettonica e geodinamica attraverso la soluzione degli innumerevoli problemi che la Placca Caraibica presenta, cercando di contribuire al miglioramento delle conoscenze nei vari settori di competenza.

La sintesi che segue, in verità un poco "individualista", pur nella sua brevità e senza la pretesa di fornire una sintesi completa dell'evoluzione geologica della Placca Caraibica, vuole delineare ad una più vasta platea uno stato del dibattito scientifico in atto. Ciò in una regione che, oltre a possedere un singolare fascino paesaggistico e umano, rappresenta uno dei migliori laboratori naturali al mondo per ricerche nel campo delle Scienze della Terra, in particolare utilissime ad una migliore comprensione e valutazione delle pericolosità naturali.

La Placca Caraibica (Fig. 2.11) è oggi un elemento litosferico indipendente delle dimensioni di più di 4 milioni di km^2, composto da una crosta indeformata o poco deformata del plateau oceanico dei Bacini di Colombia e Venezuela (almeno 1 milione di km^2), e da quella del blocco continentale Chortis di età Paleozoico-Mesozoico (circa 800.000 km^2), ambedue contornate da margini deformati (circa 2,5 milioni di km^2), quale risultato dell'interazione, dal Mesozoico all'Attuale, con le adiacenti Placche di Nazca, Cocos, Nord e Sud America.

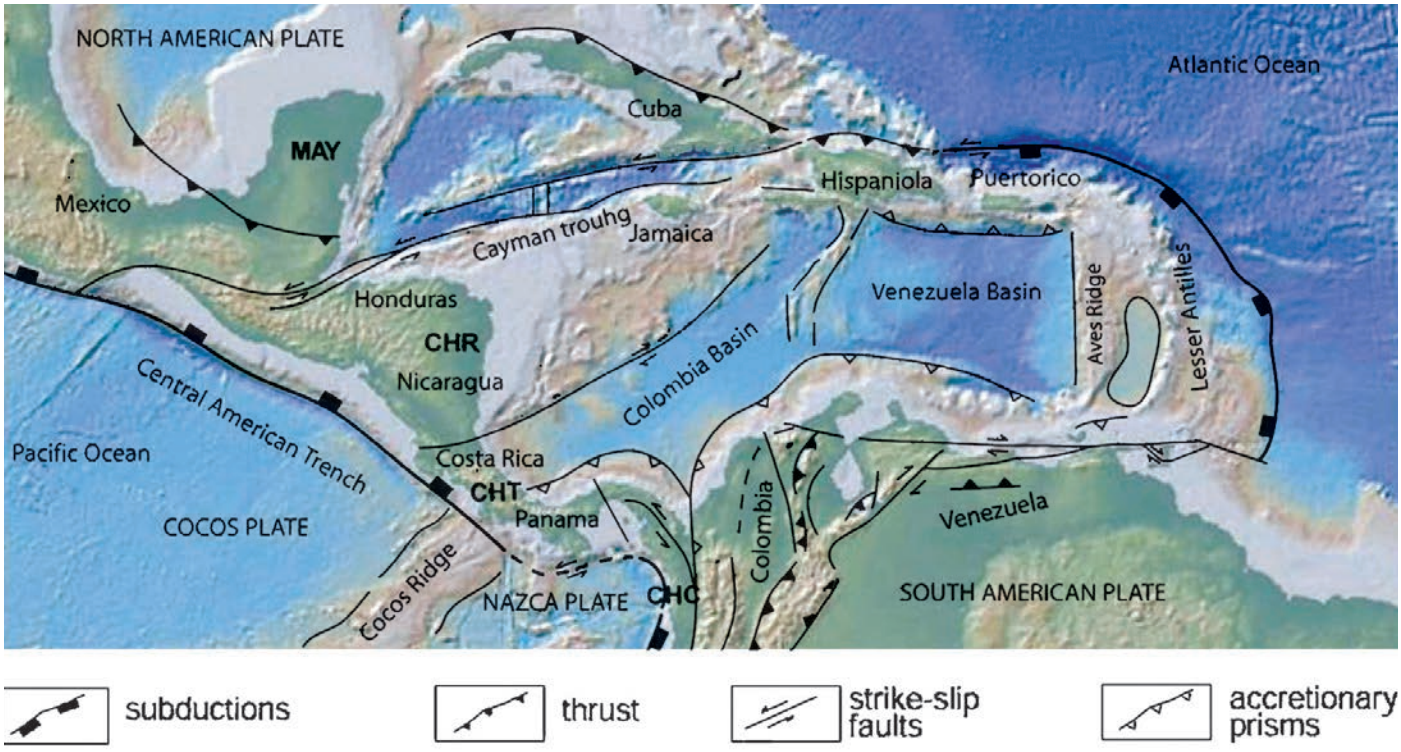


Fig. 2.11- Elementos tectónicos esenciales de la Placa del Caribe.

Los márgenes de la placa septentrional (de Guatemala a las Antillas Mayores) y la meridional (Colombia y Venezuela septentrionales) constituyen largas franjas colisionantes (shear zones), mientras los márgenes occidental (Istmo Centroamericano) y oriental (Antillas Menores) están representados por sistemas convergentes con arcos magmáticos relacionados. En cerca del 40% de tales márgenes están abarcados terrenos que en el Jurásico-Cretácico pertenecían a una corteza de tipo oceánico (ofiolitas de fondo oceánico y de arco magmático).

El espesor de la corteza de la Placa del Caribe (Case et al., 1990) varía de 6 a 8 km, en el Beata Ridge, a 20 km entre la vertiente occidental de esta y el centro de la Cuenca de Venezuela, hasta los 3 o 5 km en la porción sur-oriental de la misma Cuenca de Venezuela. Además, el espesor de la corteza ronda los 8 o 9 km en las Cuencas de Colombia y de Granada, mientras el de las franjas marginales de la placa es muy variable, de 10 a 18 y hasta 22 km.

Como se indica arriba, los márgenes de la Placa del Caribe incluyen numerosos cuerpos rocosos, en particular complejos ofiolíticos del Jurásico y Cretácico,

I margini di placca settentrionale (dal Guatemala alle Grandi Antille) e meridionale (Colombia e Venezuela settentrionali) costituiscono delle lunghe fasce collisionali (shear zones), mentre i margini occidentale (Istmo Centroamericano) e orientale (Piccole Antille) sono rappresentati da sistemi convergenti con relazionati archi magmatici. In circa il 40% di tali margini sono coinvolti terreni che nel Giurassico-Cretacico appartenevano ad una crosta di tipo oceanico (ofioliti di fondo oceanico e di arco magmatico).

Lo spessore crostale della Placca Caraibica (Case et al., 1990) varia da 6-8 km nel Beata Ridge, a 20 km tra il versante occidentale di questa e il centro del Bacino del Venezuela, sino a 3-5 km nella porzione sud-orientale dello stesso Bacino del Venezuela. Inoltre, lo spessore crostale si aggira intorno a 8-9 km nei Bacini di Colombia e di Grenada, mentre quello delle fasce marginali della placca è molto variabile, da 10 a 18, fino a 22 km.

Come sopra accennato, i margini della Placca Caraibica includono numerosi corpi rocciosi, specialmente complessi ofiolitici del Giurassico e Cretacico, esposti

expuestos a lo largo de zonas características de sutura o como terrenos de acreción, principalmente en los márgenes septentrional, meridional y occidental y en menor medida en el oriental (Fig. 2.12).

Del Jurásico-Cretácico a la actualidad, la Placa del Caribe ha adquirido su conformación actual por medio de diferentes fases tectónicas, tales como expansión oceánica (spreading y plume), acreción y colisión (Fig. 2.13), dominadas por un severo campo de esfuerzos oblicuos que han condicionado todos los procesos de expansión oceánica -subducción y exhumación de terrenos por la subducción- asentada en el lugar en el origen de estos y, finalmente, de desmembramiento a lo largo de los márgenes, cuyas evidencias han estado en buena parte reconocidas en los residuos oceánicos de una probablemente grande provincia oceánica.

lungo caratteristiche zone di sutura o come terreni di accrezione, principalmente nei margini settentrionale, meridionale e occidentale, ed in minor misura in quello orientale (Fig. 2.12).

Dal Giurassico-Cretacico sino all'Attuale la Placca Caraibica ha acquisito la sua conformazione attuale attraverso diverse fasi tettoniche, come espansione oceanica (spreading e plume), accrezione e collisione (Fig. 2.13), dominate da un severo campo di sforzi obliqui che hanno condizionato tutti i processi di espansione oceanica, subduzione, esumazione di terreni dalla subduzione, messa in posto nell'orogene di questi, ed infine di smembramento lungo i margini, le cui evidenze sono state in buona parte riconosciute nei residui oceanici di una probabilmente grande provincia oceanica.

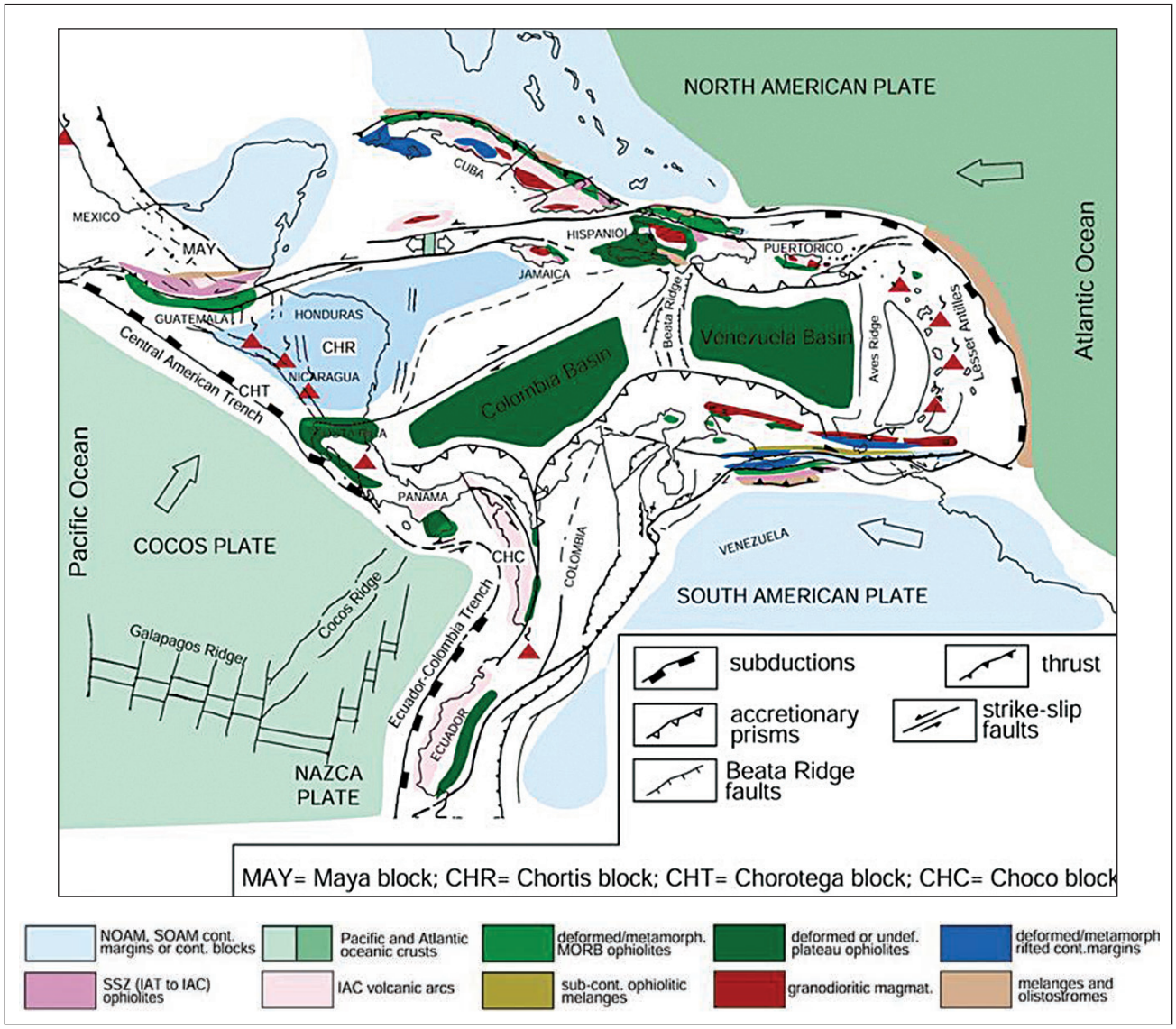


Fig. 2.12- Ubicación de los principales elementos geo-tectónicos de la Placa del Caribe.

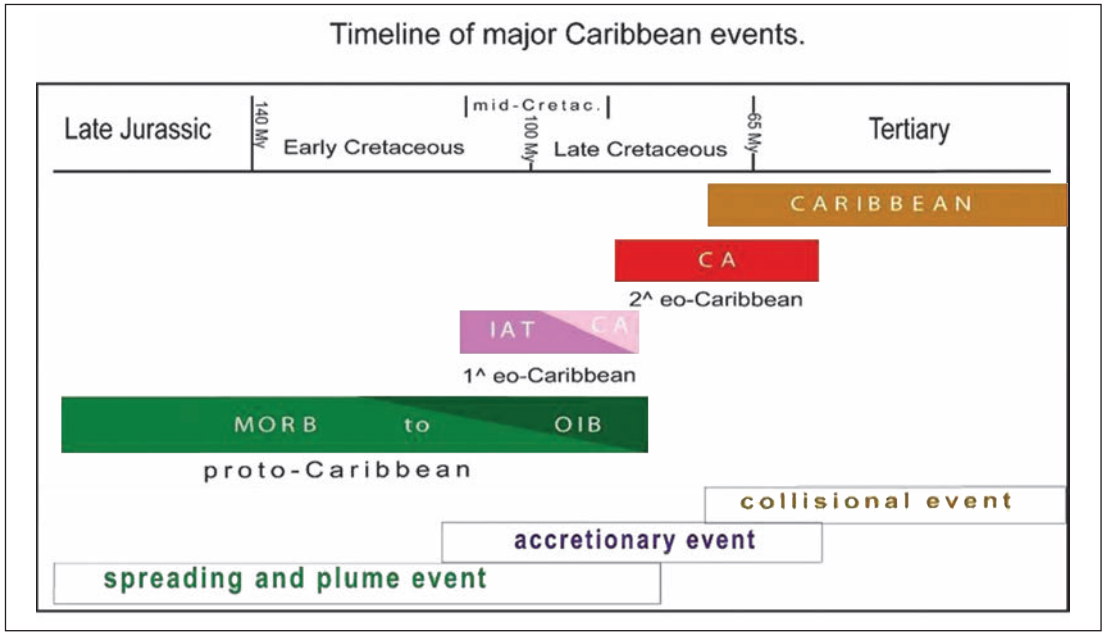


Fig. 2.13- Cronología de los principales eventos evolutivos de la Placa del Caribe.
Abreviaturas: MORB=Mid Ocean Ridge; OIB=Ocean Islands Basalt; IAT=Island Arc Tholeiite; CA=Island Arc Calcalkaline.

Los numerosos análisis geolitológicos, tectónicos y de correlación regionales conducidos a lo largo de los márgenes de la Placa del Caribe (Fig. 2.14) han permitido elaborar un modelo de evolución de la placa, que junto a otros propuestos por varios Autores pueden contribuir al debate científico actual (Burke, 1988; Dengo, 1985; Draper y Pindell, 2006; Giunta et al.,2002a, 2002b, 2002d, 2003a., 2003b); Giunta y Oliveri, 2009; James, 2009; Lewis y Braper, 1990; Meschede y Frisch, 1998; Pindel et al., 1988; Pindell y Barrett, 1990; Pindell, 2003; Stanek et al., 2009).

La corteza oceánica ha sido verosímilmente generada en centros múltiples de expansión durante el Jurásico y el inicio del Cretácico formando un área oceánica conocida con el nombre de proto-Caribe. Durante el Cretácico, una parte de este dominio oceánico sufrió un engrosamiento de la corteza hasta constituir progresivamente una plataforma oceánica, cuyas rocas (generalmente basálticas) poseen afinidad petrológica que se transforma de una cuasi típica dorsal oceánica (Mid-Ocean Ridge – MOR) a la de islas oceánicas (Ocean Island Basalt – OIB). Precedentemente y contemporáneamente, en las Placas continentales de Sur y Norte América se planteaban fenómenos de distensión cortical (rifting) acompañada por magmatismo toleítico, que han creado espacio para el desarrollo del dominio oceánico proto-Caribe (Fig. 2.15). Estos hechos, si son confirmados por mayores datos, demostrarían una posición original del océano proto-Caribe "cerca del área entre las dos Américas", contrariamente al modelo que prevé un origen más lejano en el Pacífico, sostenida por varios

Le numerose analisi geo-litologiche e tettoniche e di correlazioni regionali condotte lungo i margini della Placca Caraibica (Fig. 2.14) hanno permesso di elaborare un modello di evoluzione della placca, che insieme ad altri proposti da vari Autori può contribuire al dibattito scientifico in atto (Burke, 1988; Dengo, 1985; Draper e Pindell, 2006; Giunta et al., 2002a, 2002b, 2002d, 2003a., 2003b) Giunta e Oliveri, 2009; James, 2009; Lewis e Braper, 1990; Meschede e Frisch, 1998; Pindel et al., 1988; Pindell e Barrett, 1990; Pindell, 2003; Stanek et al., 2009).

La crosta oceanica è stata verosimilmente generata in centri multipli di espansione durante il Giurassico e l'inizio del Cretacico a formare un'area oceanica che va sotto il nome di proto-Caraibi. Durante il Cretacico, una parte di questo dominio oceanico ha subito un ispessimento crostale sino a costituire progressivamente un plateau oceanico, le cui rocce (generalmente basaltiche) possiedono affinità petrologica che evolve da una quasi tipica dorsale oceanica (Mid-Ocean Ridge – MOR) a quella di isole oceaniche (Ocean Island Basalt – OIB). Precedentemente e contemporaneamente, nelle Placche continentali Sud e Nord America si impostavano fenomeni di distensione crostale (rifting) accompagnata da magmatismo tholeitico, che hanno creato spazio per lo sviluppo del dominio oceanico proto-Caraibico (Fig. 2.15). Questi fatti, se confermati da ulterion dati, dimostrerebbero una originaria posizione dell'oceano proto-Caraibico "vicino all'area tra le due Americhe", contrariamente al modello che ne prevede una origine

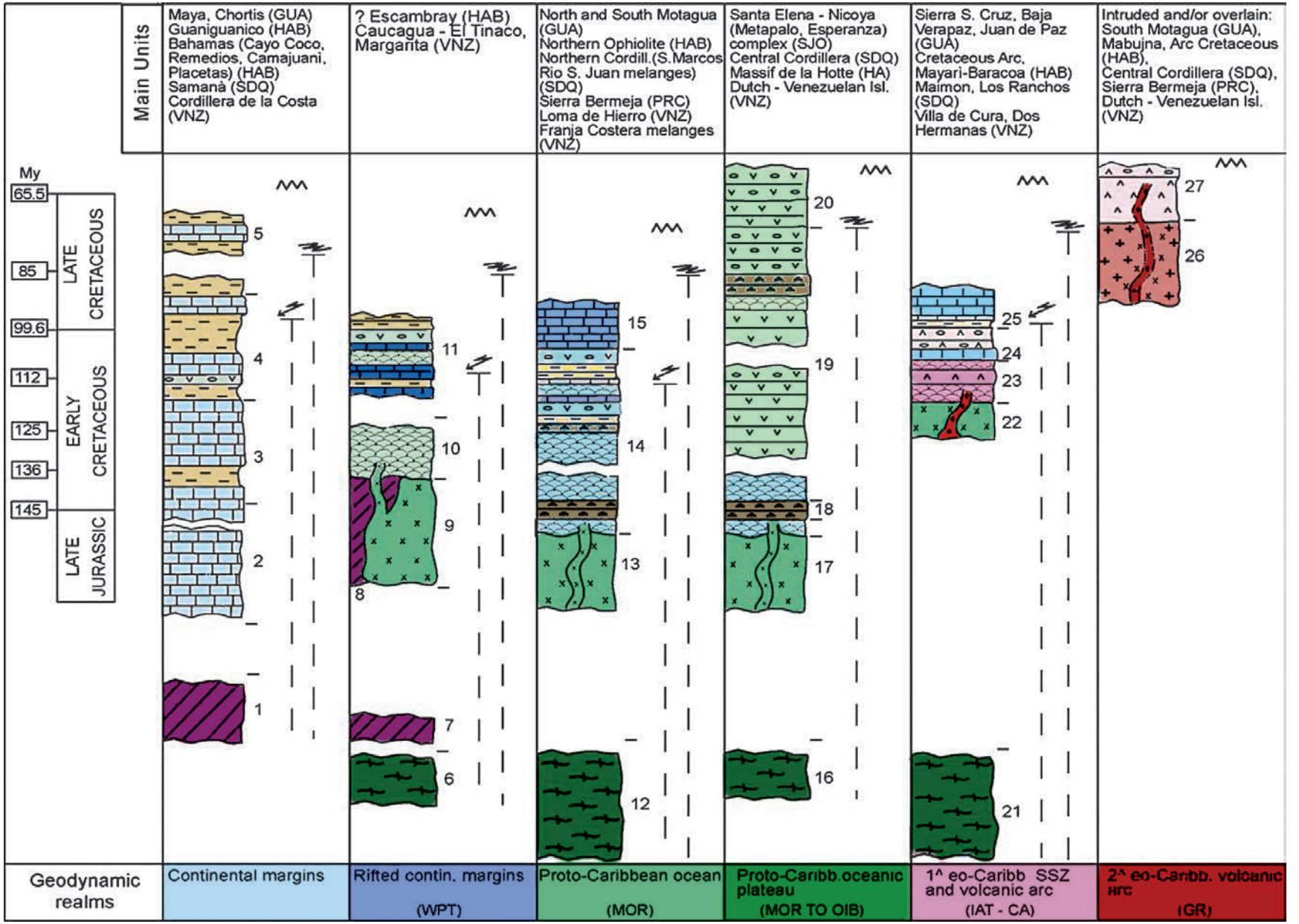

Main Units
Maya, Chortis (GUA)
Guaniguanico (HAB)
Bahamas (Cayo Coco, Remedios, Camajuani, Placetas) (HAB)
Samaná (SDQ)
Cordillera de la Costa (VNZ)
? Escambray (HAB)
Caucagua - El Tinaco, Margarita (VNZ)
North and South Motagua (GUA)
Northern Ophiolite (HAB)
Northern Cordill.(S.Marcos Rio S. Juan melanges) (SDQ)
Sierra Bermeja (PRC)
Loma de Hierro (VNZ)
Franja Costera melanges (VNZ)
Santa Elena - Nicoya (Metapalo, Esperanza) complex (SJO)
Central Cordillera (SDQ)
Massif de la Hotte (HA)
Dutch - Venezuelan Isl. (VNZ)
Sierra S. Cruz, Baja Verapaz, Juan de Paz (GUA)
Cretaceous Arc, Mayarí-Baracoa (HAB)
Maimon, Los Ranchos (SDQ)
Villa de Cura, Dos Hermanas (VNZ)
Intruded and/or overlain: South Motagua (GUA), Mabujna, Arc Cretaceous (HAB), Central Cordillera (SDQ), Sierra Bermeja (PRC), Dutch - Venezuelan Isl. (VNZ)
My
65.5
85
99.6
112
125
136
145
LATE CRETACEOUS
EARLY CRETACEOUS
LATE JURASSIC
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
Geodynamic realms
Continental margins
Rifted contin. margins (WPT)
Proto-Caribbean ocean (MOR)
Proto-Caribb.oceanic plateau (MOR TO OIB)
1^ eo-Caribb SSZ and volcanic arc (IAT - CA)
2^ eo-Caribb. volcanic arc (GR)

Fig. 2.14

Fig. 2.14 – Correlaciones regionales entre los principales eventos (magmaticos, sedimentarios, metamorficos y deformantes) reconocidos en los terrenos peri-caribes (por: Giunta et al.,2003 b y Giunta & Oliveri, 2009).
Abreviaciones: SJO, Costa Rica; GUA, Guatemala; HAB, Cuba; SDQ, La Espanola; HA, Haiti; PRC, Puerto Rico; VNZ, Venezuela; CUR, Curacao; BON, Bonaire; WPT, tholeiitas intraplacas; MOR, dorsal medio-oceanica; OIB, islas basalticas ocenicas; IAT, arco de islas tholeiitico; CA, arco de islas calc-alkalino; GR, magmatismo tonalitico de arco (gabbros a granitoides).
1–27: las formaciones mas representativas ligadas a cada uno de los elementos geo-tectonicos:
- Márgenes continentales: 1, complejo Sebastopol (VNZ): basamiento continental metamórfico (generalmente gneiss), con intrusiones graniticas; 2, Las Brisas (VNZ): fillitas, meta-siltitas y meta-arenitas, con intercalaciones de meta-calcarenitas; Todos Santos (GUA): arenitas y siltitas rojas, con intercalaciones de calizas y conglomeratos poligénicos; 3, Antimano (VNZ): meta-calcarenitas y mármoles, con intercalaciones de amfibolitas y metabasitas; 4, Las Mercedes (VNZ): fillitas grafíticas, meta-calcarenitas, con raras intercalaciones de metabasitas; Chuspita (VNZ): meta-arenitas, meta-siltitas y meta-conglomeratos, con intercalaciones de mármoles; Cobán (GUA): evaporitas, dolomitas y calizas; 5, Campur (GUA): calizas, con intercalaciones de siltitas.
- Márgenes continentales en extensión: 6, Tinaquillo, Cerro Matasiete (VNZ): lherzolitas serpentinizadas; 7, El Tinaco complex (VNZ): basamiento continental de gneiss con pocas amfibolitas, fillitas, meta-conglomeratos y meta-arenitas; 8, Juan Griego (VNZ): basamiento continental de esquistos y ortho o paragneiss; 9, Rinconada, Tinaquillo p.p. (VNZ): meta-gabbros de cúmulo como intrusiones y cubertura de 8; 10, Sabana Larga (VNZ): basaltos en almoadillas, doleritas y gabbros en breccias; 11, Tucutunemo, Los Naranjos, Los Robles (VNZ): meta-calizas y meta-siltitas con basaltos en almoadillas.
- Océano Proto-Caribe: 12, Gaspar Hernandez (SDQ), Monte del Estado (PRC): peridotitas serpentinizadas; 13, Cuaba (SDQ), Río Mesia (VNZ): meta-gabbros bandeados; 14, El Tambor group (GUA), Punta Balandra (SDQ), Sierra Bermeja (PRC), Tiara (VNZ): meta-siltitas, meta-arenitas, meta-calcarenitas, con intercalaciones de basaltos (flujos o almoadillas) y radiolaritas; 15, Cerro de la Virgen (GUA): meta-calcarenitas y meta-calcasiltitas con intercalaciones de breccias y siltitas.
- Plateau oceánico Proto-Caribe: 16, Loma Caribe (SDQ): peridotitas serpentinizadas; 17, Potrero (SJO): gabbros de cúmulo, Fe-gabbros, Fe-dioritas y raros plagiogranitos; 18, Punta Conchal (SJO): radiolaritas intercaladas en basaltos masivos o almoadillados; 19, Duarte complex (SDQ), Lava (CUR): basaltos masivos o almoadillados con intercalaciones de radiolaritas y volcanoclastitas; 20, Siete Cabezas (SDQ), Knip group (CUR): volcanoclastitas, radiolaritas; basaltos masivos o almoadillados; 19, 20, Dumissieu (HA): basaltos masivos o almoadillados, volcanoclastitas, con intercalaciones de radiolaritas.
- Primero arco volcánico eo-Caribe de supra-subducción (SSZ): 21, peridotitas serpentinizadas; 22, gabbros bandeados con raras intrusiones de granitos; Chacao complex 21 (VNZ); 22, Mayarı ` Baracoa (HAB); 23, Mabujina, Purial (HAB), El Carmen, El Chino, El Cano, S. Isabel (VNZ): meta-basaltos en almoadillas, meta-doleritas y meta-andesitas; 24, Hatillo (SDQ): calizas recifales; 25, Tzumuy, Cerro Tipón (GUA): calcarenitas y breccias carbonaticas (con elementos andesiticos) y volcanoclastitas andesiticas.
- Segundo arco volcánico eo-Caribe: 26, Yautia (SDQ): tonalitas, quarzo-dioritas y granitos, con gabbros; 27, Tireo (SDQ), Washikemba (BON): volcanoclastitas, basaltos, andesitas basálticas y rhyolitas.
= HP-LT metamorfismo en facies desde esquistos blu hacia eclogitas, conectado con procesos de subducción y deformación dúctil;
= metamorfismo en facies desde esquistos verdes hacia amfibolitas y deformación dúctil;
=deformación dúctil.

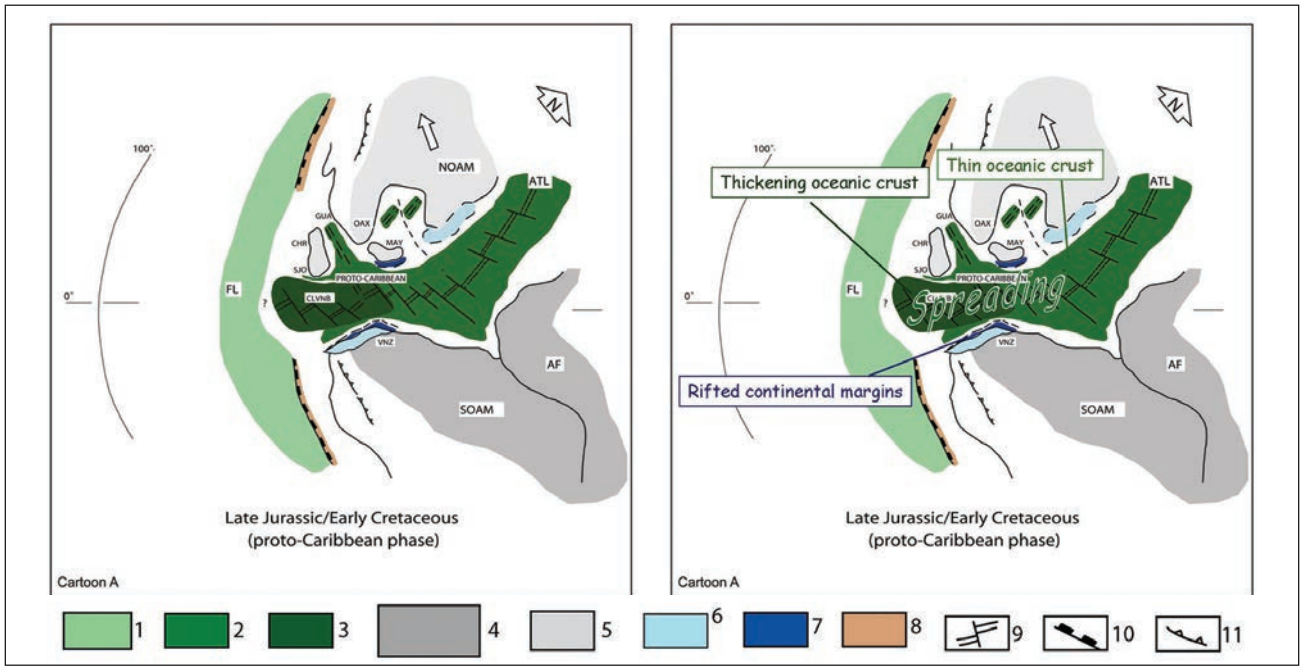


Fig. 2.15- Tentativa de reconstrucción paleogeográfica y de la evolución cinemática de la Placa del Caribe, en el Jurásico sup.-Cretácico inf. (modificado por: Giunta et al., 2002b).

autores, contribuyendo con mayor decisión al debate, aún vigente, sobre la posición inicial de tal área oceánica, la cual, de todos modos y con mucha probabilidad, debía representar la prolongación occidental del Tetis a través del Atlántico embrional.

Las correlaciones petrológicas y tectónicas regionales sugieren que a partir del inicio del Cretácico la corteza proto-Caribe ha estado implicada en los dos sucesivos estadios de subducción, que son llamados primero y segundo estadios eo-Caribe (Giunta, 1993).

Del Cretácico, la apertura del Océano Atlántico meridional y la consiguiente deriva hacia el oeste y noroeste de las placas de las dos Américas habría favorecido en el área proto-Caribe el detonador de convergencias océano/océano y océano/continente (1° estadio eo-Caribe), que han producido zona de subducción y supra-subducción con arcos magmáticos conexos (Fig. 2.16). Las evidencias de la implicación de la litósfera oceánica proto-Caribe en zonas de subducción están principalmente representadas por la presencia de numerosas unidades metamórficas de alta presión y baja temperatura que afloran a lo largo de los márgenes peri-caribes, conectados a subducciones interoceánicas y subordinadamente entre océano y continente. Además, algunas porciones de los márgenes continentales originales sujetos a distensión (rifting) parece que hayan sido también implicados en zonas de subducción, alcanzando la facies metamórfica eclogita, así como porciones de arcos magmáticos que desde una posición de supra-subducción habrían colapsado en subducción logrando un metamorfismo de esquisto azul.

più lontana nel Pacifico, supportata da vari Autori, contribuendo con maggiore decisione al dibattito ancora in corso sulla posizione iniziale di tale area oceanica, la quale comunque con molta probabilità doveva rappresentare la prosecuzione occidentale della Tetide attraverso l'Atlantico embrionale.

Le correlazioni petrologiche e tettoniche regionali suggeriscono che a partire dall'inizio del Cretacico la crosta proto-Caraibica è stata coinvolta in due successivi stadi di subduzione, che vengono chiamati primo e secondo stadio eo-Caraibico (Giunta, 1993).

Dal Cretacico, l'apertura dell'oceano Atlantico meridionale e la conseguente deriva verso ovest e nord-ovest delle placche delle due Americhe avrebbe favorito in area proto-Caraibica l'innesco di convergenze oceano/oceano e oceano/continente (1^ stadio eo-Caraibico), che hanno prodotto zone di subduzione e supra-subduzione con connessi archi magmatici (Fig. 2.16). Le evidenze del coinvolgimento della litosfera oceanica proto-Caraibica in zone di subduzione sono principalmente rappresentate dalla presenza di numerose unità metamorfiche di alta pressione e bassa temperatura che affiorano lungo i margini pericaraibici, connesse a subduzioni intraoceaniche e subordinatamente tra oceano e continente. Inoltre, alcune porzioni degli originari margini continentali soggetti a distensione (rifting) sembra siano stati anche essi coinvolti in zone di subduzione, raggiungendo la facies metamorfica eclogitica, così come porzioni di archi magmatici che da una posizione

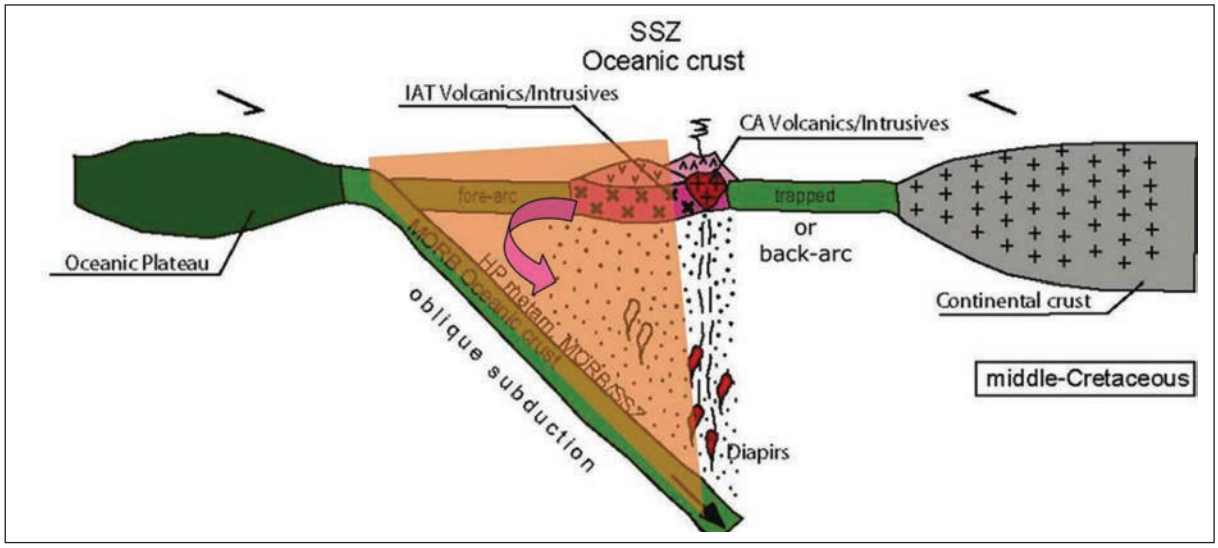


Fig. 2.16- Primera fase eo-caribe (Cretácico medio): perfil esquemático a través de las zonas de subducción interoceánicas.

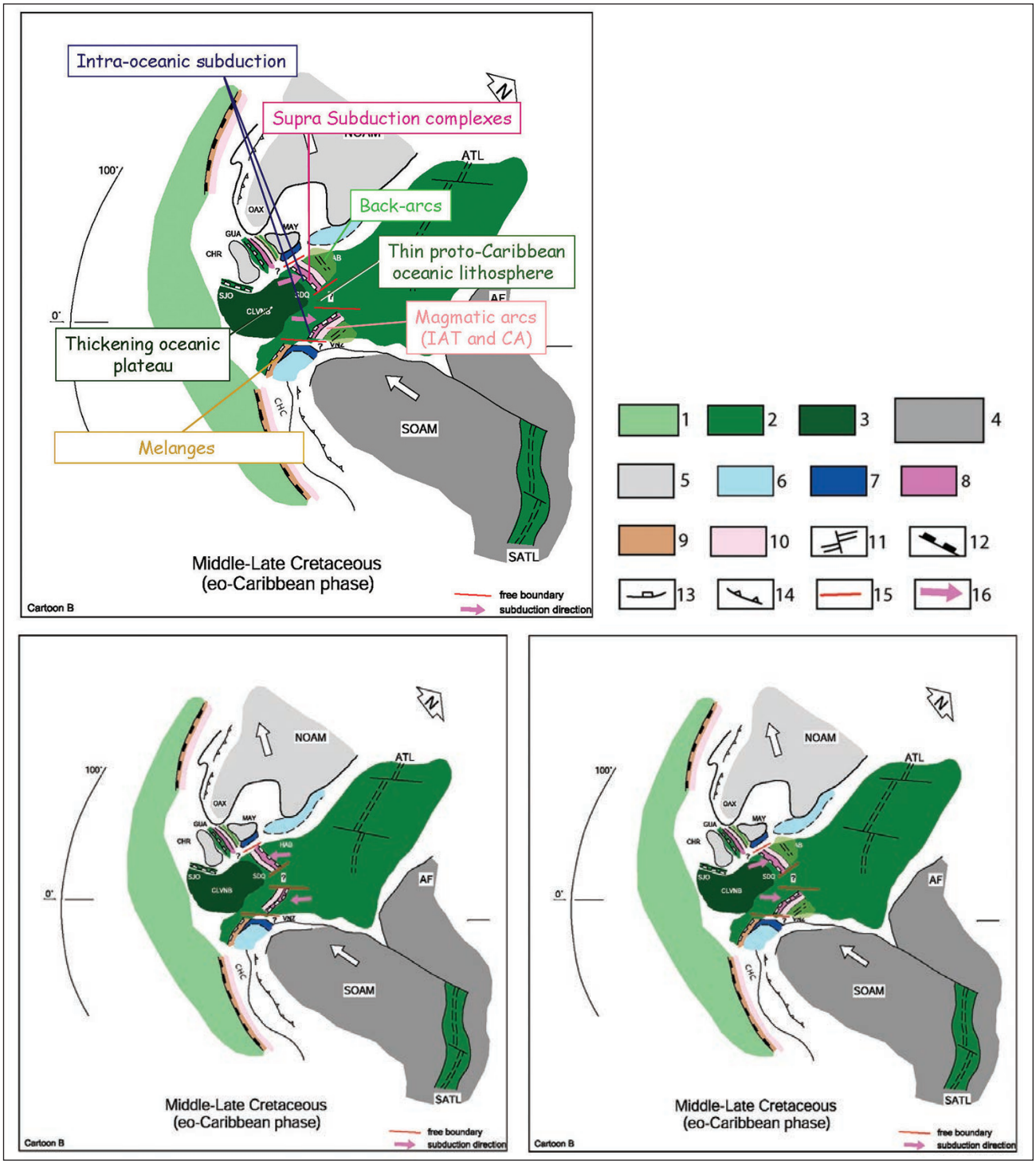


Fig. 2.17- Tentativa de reconstrucción paleogeográfica y de la evolución cinemática de la Placa del Caribe, en el Cretácico medio-superior (modificado por: Giunta et al., 2002b).

Abreviaciones: NOAM=Norte America; SOAM=Sur America; AF=África; NATL=Norte Atlántico; SATL=Sur Atlántico; OAX=Oaxaca; MAY=Maya; CHR=Chortis; CHT=Chorotega; CHC=Choco; SJO=Costa Rica; GUA=Guatemala; SDQ=Hispaniola; HAB=Cuba; VNZ=Venezuela; CLVNB=Cuencas de Colombia y Venezuela.
Números: 1: Corteza oceánica de la Placa Farallon. 2: Corteza oceánica Proto-Caribe-Atlántico. 3: Corteza oceánica Proto-Caribe con espesores de plateau. 4: Norte América, Sur América y África Placas continentales. 5: Bloques continentales menores. 6: Márgenes continentales. 7: Márgenes continentales en extension. 8: Arcos volcano-plutónicos. 9: Melanges Ofiolíticos. 10: Arco volcánico Cretácico en el Caribe. 11: Áreas de expansión oceanica.12: Subducciones de la Placa oceánica Farallon-Pacífico. 13: Subducciones intra-oceanicas en el Caribe. 14: Principales cabalgamientos. 15: Límites libres. 16: Rumbo de subducción (si hacia el este u oeste).

Esta convergencia interoceánica más antigua se supone que haya ocupado el sector oriental del dominio proto-Caribe, donde la porciones más delgadas de la litósfera oceánica se encontraban en condiciones más favorables para ser subducidas, mientras al mismo tiempo el sector occidental era sometido a un progresivo engrosamiento de la corteza, probablemente debido a magmatismo superpuesto proveniente de una pluma mantélica caliente, construyendo con el tempo (Cretácico tardío) una bien definida estructura de plataforma oceánica (Fig. 2.17).

Todos los datos geológicos disponibles confirman que el primer estadio eo-Caribe de acreción se agota en el Cretácico tardío, cuando se supone que porciones remanentes de la corteza oceánica proto-Caribe no engrosada fueron a su vez implicadas en subducción por debajo de la plataforma oceánica más gruesa, con una verosímil dirección de subducción de la placa litosférica oceánica hacia el oeste, dando inicio al segundo estadio eo-Caribe (Fig. 2.18).

En aquel período, la cinemática de la Placa del Caribe en formación estaba estrechamente ligada al movimiento de deriva hacia el oeste de la plataforma oceánica proto-Caribe (actuales Cuencas de Colombia y Venezuela) teniendo frente a sí, el arco magmático primordial eo-Caribe; tal cinemática habría producido, por un lado, un magmatismo de tonalidades de arco diacrónico de oeste a este (correspondiente al inicio del arco magmático de las Aves y de las Antillas Menores), y por otro, un desmembramiento de los complejos de subducción de diferentes edades, comprendiendo arcos magmáticos antiguos del primer estadio eo-caribe, al norte y al sur, con dispersión de los mismos a lo largo de direcciones oeste-este, construyendo los márgenes septentrional y meridional de la placa (Fig. 2.19).

En términos generales, la geodinámica de la Placa del Caribe, desde el Cretácico tardío a la actualidad, ha sido condicionada prevalecientemente por la deriva hacia el Este de la Plataforma proto-caribe respecto de las Placas del Norte y del Sur de América, con la consecuencia que la Plataforma ha sido atrapada, constituyendo las cuencas de Colombia y Venezuela, a causa del detonador de las subducciones opuestas de los Océanos Atlántico y Pacífico, con los relativos arcos volcánicos. Estas han producido, hacia el Este, el Arco de las Aves y de las Antillas Menores y, hacia el Oeste, el istmo centroamericano, este último como un mosaico de varios bloques de corteza recíprocamente yuxtapuestos al interior de la Fosa Meso-Americana (Fig. 2.20).

di supra-subduzione sarebbero collassati in subduzione raggiungendo un metamorfismo di scisti blu.

Questa convergenza intraoceanica più antica si suppone abbia interessato il settore orientale del dominio proto-Caraibico, dove le porzioni più sottili della litosfera oceanica si trovavano in condizioni più favorevoli per essere subdotte, mentre allo stesso tempo il settore occidentale era sottoposto ad un progressivo ispessimento crostale, probabilmente dovuto a magmatismo sovrapposto proveniente da un plume caldo mantellico, costruendo nel tempo (tardo Cretacico) una ben definita struttura di plateau oceanico (Fig. 2.17).

Tutti i dati geologici disponibili confermano che il 1^ stadio eo-Caraibico di accrezione si esaurisce nel Cretacico tardivo, quando si suppone che porzioni rimanenti della crosta oceanica proto-Caraibica non ispessita sono state a loro volta coinvolte in subduzione al disotto del più spesso plateau oceanico, con una verosimile direzione di subduzione della piastra litosferica oceanica verso ovest, dando inizio al 2^ stadio eo-Caraibico (Fig. 2.18).

In quel periodo la cinematica della Placca Caraibica in formazione era strettamente connessa al movimento di deriva verso est del plateau oceanico proto-Caraibico (odierni Bacini di Colombia e Venezuela) con il primordiale arco magmatico eo-Caraibico; tale cinematica avrebbe prodotto sia un magmatismo tonalitico di arco diacronico da ovest verso est (corrispondente all'inizio dell'arco, magmatico delle Aves e delle Piccole Antille), che uno smembramento dei complessi di subduzione di diverse età, comprensivi degli archi magmatici antichi del 1^ stadio eo-caribico, a nord e a sud con dispersione degli stessi lungo direzioni ovest-est, costruendo i margini settentrionale e meridionale della placca (Fig. 2.19).

In generale, la geodinamica della Placca Caraibica dal tardo Cretacico all'Attuale è stata condizionata prevalentemente dalla deriva verso Est del Plateau proto-caraibico rispetto alle Placche del Nord e del Sud America, con la conseguenza che il Plateau è stato intrappolato, a costituire i bacini di Colombia e Venezuela, a causa dell'innesco delle opposte subduzioni degli Oceani Atlantico e Pacifico con i relativi archi vulcanici. Queste hanno prodotto verso Est l'Arco delle Aves e delle Piccole a Antille e verso Ovest l'istmo centro-americano, quest'ultimo come un mosaico di vari blocchi crostali reciprocamente giustapposti all'interno della Fossa Meso-Americana (Fig. 2.20).

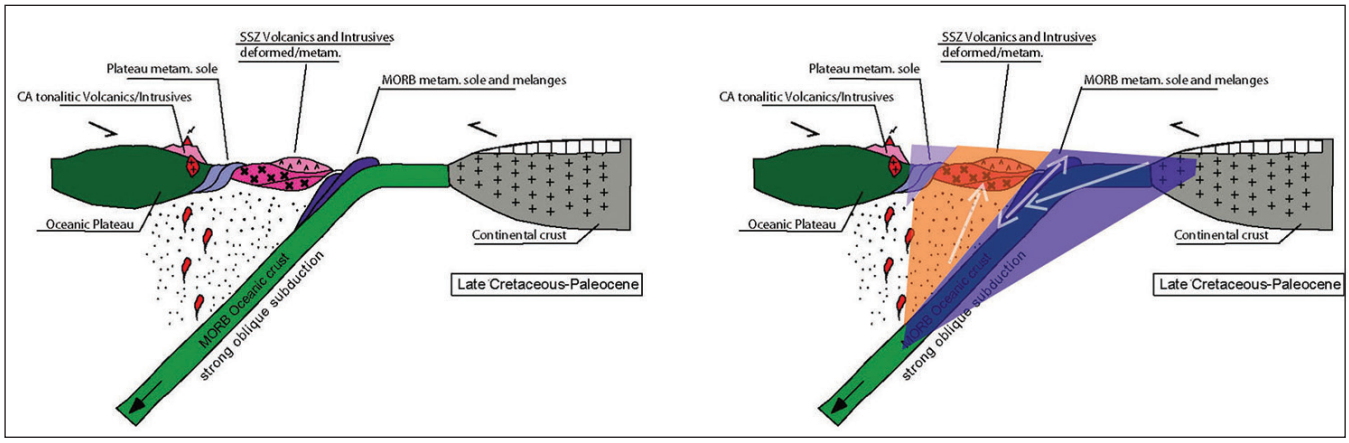


Fig. 2.18- Segunda fase eo-caribe (Cretácico superior): perfil sintético a través del sistema de acreción Nord-caribe.

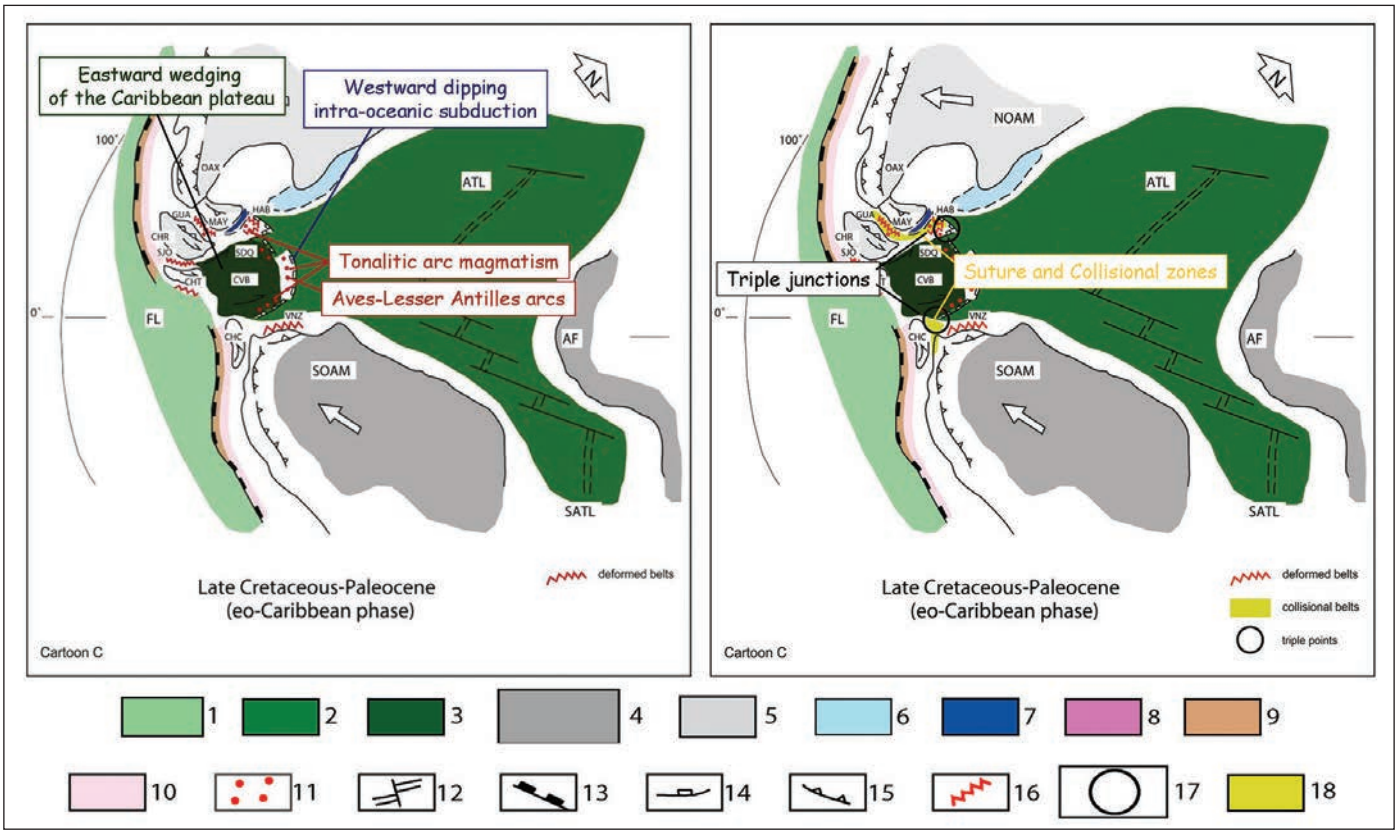


Fig. 2.19- Tentativa de reconstrucción paleo geográfica y de la evolución cinemática de la Placa del Caribe, en el Cretácico superior-Paleoceno (modificado por: Giunta et al., 2002b).

Abreviaciones: NOAM=Norte América; SOAM=Sur América; AF=África; NATL=Norte Atlántico; SATL=Sur Atlántico; OAX=Oaxaca; MAY=Maya; CHR=Chortis; CHT=Chorotega; CHC=Choco; SJO=Costa Rica; GUA=Guatemala; SDQ=Hispaniola; HAB=Cuba; VNZ=Venezuela; CLVNB=Cuencas de Colombia y Venezuela.
Números: 1: Corteza oceánica de la Placa Farallon. 2: Corteza oceánica Proto-Caribe-Atlántico. 3: Corteza oceánica Proto-Caribe con espesores de plateau. 4: Norte América, Sur América y África Placas continentales. 5: Bloques continentales menores. 6: Márgenes continentales. 7: Márgenes continentales en extensión. 8: Arcos volcano-plutónicos. 9: Melanges Ofiolíticos. 10: Arco volcánico Cretácico en el Caribe. 11: Magmatismo tonalitico (gabbros y granitoides) relacionado a arcos volcánicos. 12: Áreas de expansion oceánica. 13: Subducciones de la Placa oceánica Farallon-Pacífico. 14: Subducciones intra-oceánicas en el Caribe. 15 Principales cabalgamientos. 16: Cinturones deformados por cabalgamientos, zonas de suturas, prismas de accreción, melanges y olistostromas. 17: Triple-uniones. 18: Cinturones colisionales.

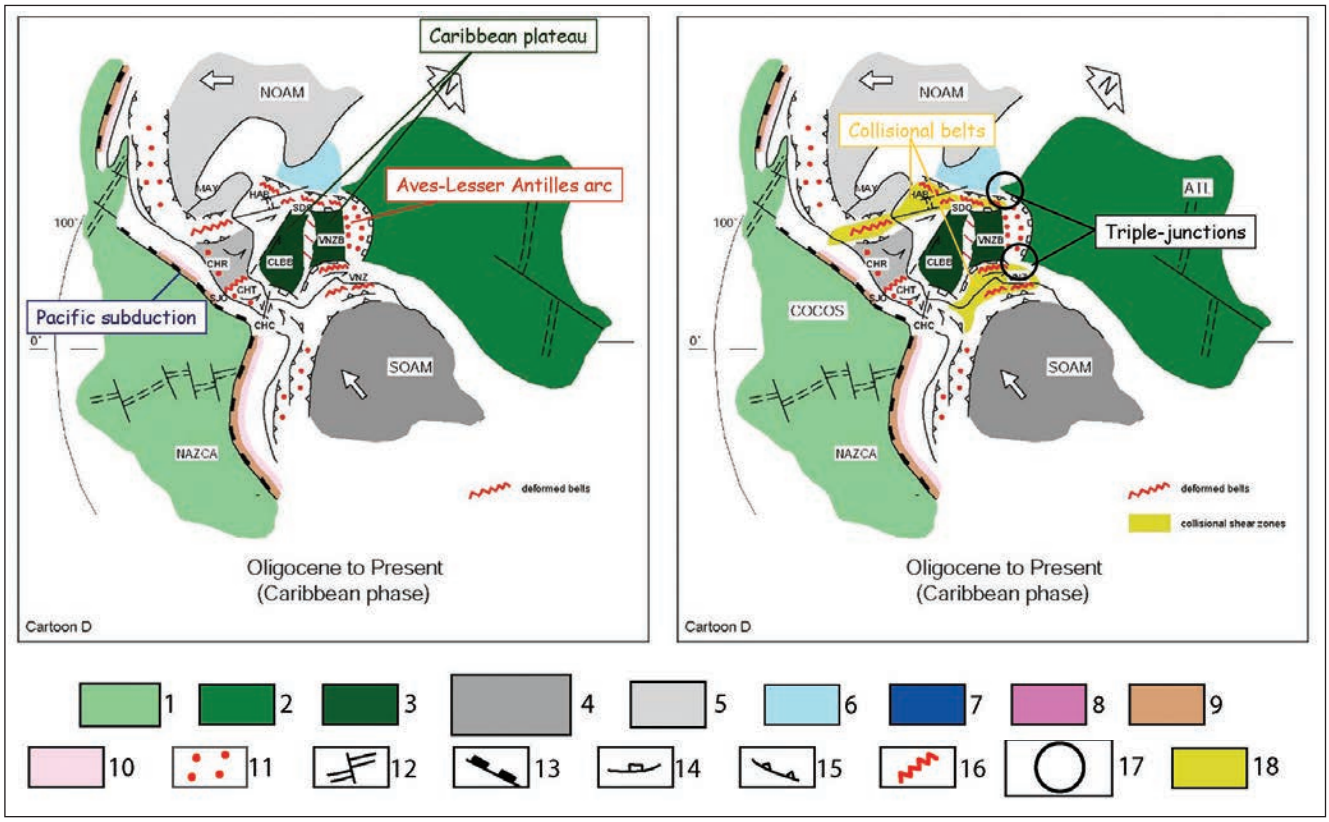


Fig. 2.20- Tentativa de reconstrucción paleo geográfica y de la evolución cinemática de la Placa del Caribe, del Oligoceno a la actualidad (modificado por: Giunta et al., 2002b).

Abreviaciones: NOAM=Norte América; SOAM=Sur América; AF=África; NATL=Norte Atlántico; SATL=Sur Atlántico; OAX=Oaxaca; MAY=Maya; CHR=Chortis; CHT=Chorotega; CHC=Choco; SJO=Costa Rica; GUA=Guatemala; SDQ=Hispaniola; HAB=Cuba; VNZ=Venezuela; CLVNB=Cuencas de Colombia y Venezuela.
Numeros: 1: Corteza oceánica de la Placa Farallon. 2: Corteza oceánica Proto-Caribe-Atlántico. 3: Corteza oceánica Proto-Caribe con espesores de plateau. 4: Norte América, Sur América y África Placas continentales. 5: Bloques continentales menores. 6: Márgenes continentales. 7: Márgenes continentales en extension. 8: Arcos volcano-plutónicos. 9: Melanges Ofiolíticos. 10: Arco volcánico Cretacico en el Caribe. 11: Magmatismo tonalítico (gabbros y granitoides) relacionado a arcos volcánicos. 12: Áreas de expansión oceánica. 13: Subducciones de la Placa oceánica Farallon-Pacífico. 14: Subducciones intra-oceánicas en el Caribe. 15 Principales cabalgamientos. 16: Cinturones deformados por cabalgamientos, zonas de suturas, prismas de accreción, melanges y olistostromas. 17: Triple-uniones. 18: Cinturones colisionales.

Tal disposición geodinámica parece ser la consecuencia de la transferencia hacia el Este de dos uniones triples (Fig. 2.21), que han permitido el progresivo encorvamiento del Arco de las Aves y Antillas Menores, mientras al Oeste las diferentes rotaciones de los bloques Maya, Chortis, Chorotega e Choco han tenido como consecuencia el entrampamiento de la Plataforma Oceánica del caribe, al interior del Istmo centroamericano en vías de construcción.

Como último resultado, tanto en el margen septentrional como en el meridional de la Placa del Caribe, corresponden, a partir del Cretácico tardío, a dos amplias zonas de corte donde, durante el

Tale assetto geodinamico sembra essere la conseguenza del trasferimento verso Est di due giunzioni triple (Fig. 2.21), che hanno permesso il progressivo inarcamento dell'Arco delle Aves e Piccole Antille, mentre ad Ovest le differenti rotazioni dei blocchi Maya, Chortis, Chorotega e Choco hanno avuto come conseguenza l'intrappolamento del Plateau Oceanico caraibico all'interno dell'Istmo centroamericano in via di costruzione .

Come ultimo risultato, sia il margine settentrionale che quello meridionale della Placca Caraibica corrispondono, a partire dal tardo Cretacico a due ampie zone di taglio dove, durante il tardo Cretacico ed il Terziario, faglie

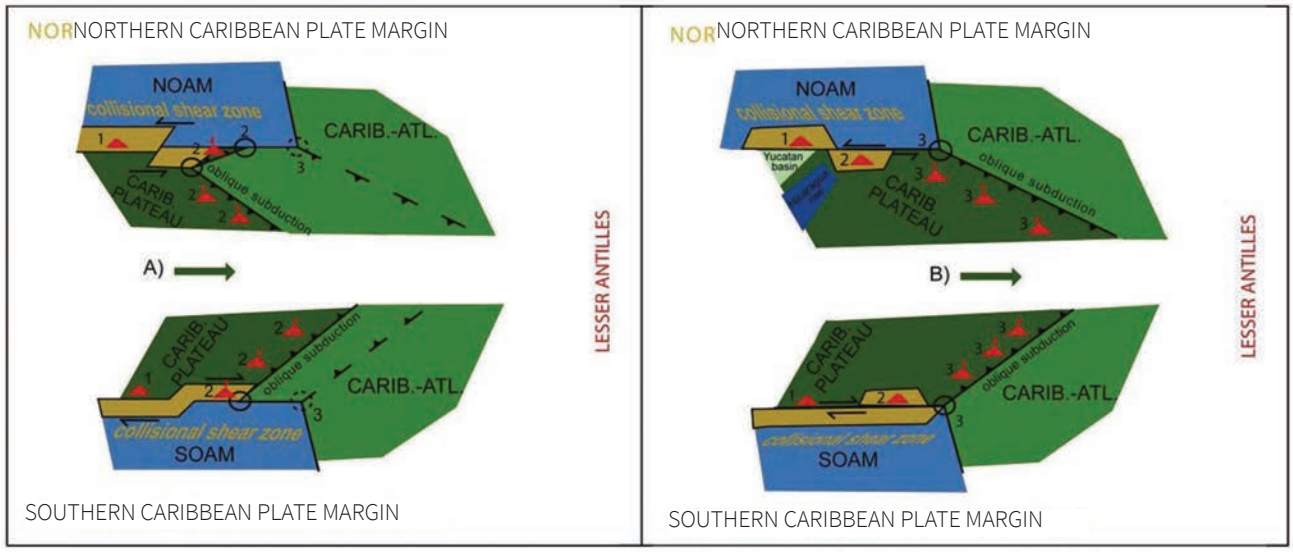


Fig. 2.21- Tentativa de reconstrucción evolutiva de los márgenes septentrional y meridional de la Placa del Caribe a partir del Cretácico superior, conectado al desplazamiento hacia el este de dos puntos de unión triple (modificado por: Giunta et al., 2003a). El esquema muestra la supuesta evolución de los márgenes de la placa, septentrional (parte superior de la figura) y meridional (parte inferior de la figura), del Cretácico superior (A) al Paleógeno (B) En color azul, los márgenes continentales; en verde claro, la corteza oceánica proto-caribe y atlántica; en verde oscuro, la plataforma oceánica; en beige, la bandas de colisión, los triángulos rojos, el volcanismo de arco. Los números indican el arco volcánico relacionado con la subducción de la corteza oceánica por debajo de la plataforma (progresivamente activa de 1 a 3), relativo a dos puntos de unión triple (círculos).

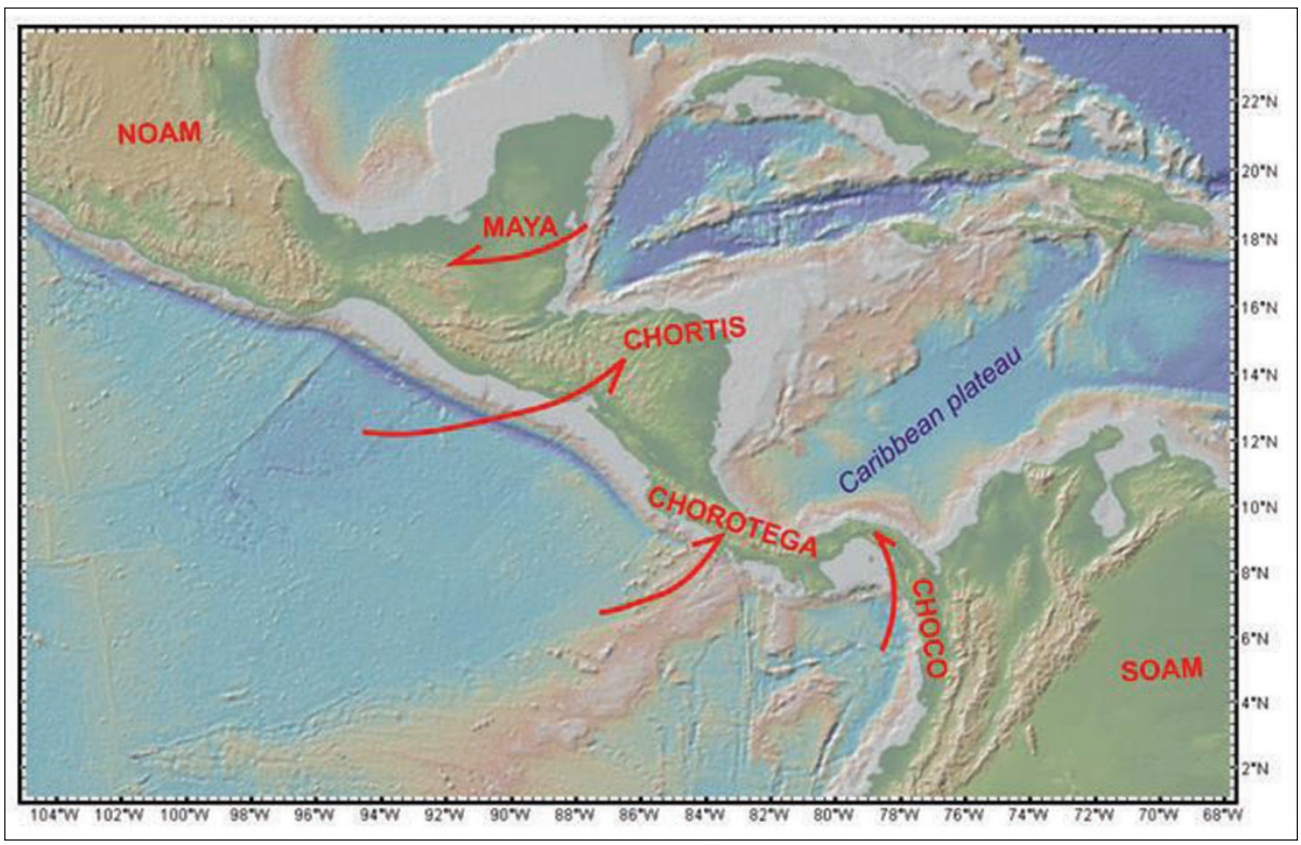


Fig. 2.22- Los cuatro bloques que, por medio de rotaciones diferenciales del Cretácico, se yuxtaponen constituyendo el margen occidental de la Placa del Caribe a lo largo del Istmo Centroamericano.

Cretácico tardío y el Terciario, fallas transversales de grandes dimensiones, aún hoy muy activas (ej. Falla del Motagua en Guatemala, de El Pilar en Venezuela), han favorecido la dispersión hacia el Este y el alzamiento de los complejos precedentes de subducción y acreción. A partir del Paleógeno, durante los eventos de colisión, se han identificado progresivamente los principales elementos estructurales y los terrenos de la actual Placa del Caribe; sucesivamente, por encima de los márgenes deformados de la Placa se han planteado cuencas de ante fosa, retro arco y satélites. En los márgenes continentales septentrional y meridional iniciaron a desarrollarse pares de supra corrimientos-ante fosa relativa que han abarcado los terrenos precedentemente deformados a los largo de los frentes orogénicos convergente norte y convergente sur (cuenca del Sepur en México-Guatemala, Cuenca de Ante fosa en Cuba, Cuenca Piemontino en Venezuela).

En particular, para el Istmo Centroamericano, que representa el margen occidental de la Placa del Caribe, el modelo geodinámico más arriba sintetizado prevé una compleja historia evolutiva a partir del Jurásico (cerca de 180 Ma) que a través de varias fases alcanza la conformación actual.

Ello hoy está constituido por la yuxtaposición de varios bloques litosféricos de relativamente modestas dimensiones (Fig. 2.22), de norte:

- Maya (correspondiente al México meridional y al norte de Guatemala), con características de corteza continental;
- Chortis (que contiene Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Honduras), con características de corteza continental que se extiende en el Mar del Caribe con la altura de Nicaragua;
- Chorotega (correspondiente a Costa Rica y al norte de Panamá), cuya corteza es de tipo oceánico engrosada;
- Choco (Panamá y parte del confín colombiano), con corteza oceánica de tipo arco magmático.

El bloque Maya, el único que no es parte de la Placa del Caribe sino de la norteamericana, es la terminación meridional del sistema de las cordilleras mexicanas y posee una historia geológica bastante diferente de la del limítrofe bloque Chortis, cuya posición original, si bien aún poco

trascorrenti di grandi dimensioni, ad oggi ancora molto attive (es. Faglia di Motagua in Guatemala, di El Pilar in Venezuela), hanno favorito la dispersione verso Est e il sollevamento dei precedenti complessi di subduzione ed accrezione. A partire dal Paleogene, durante gli eventi collisionali si sono progressivamente identificati i principali elementi strutturali ed i terreni della attuale Placca Caraibica; successivamente, al di sopra dei margini deformati della Placca si sono impostati bacini di avanfossa, retroarco e satelliti. Nei margini continentali settentrionale e meridionale iniziarono a svilupparsi coppie di sovrascorrimenti-avanfossa relativa che hanno coinvolto i terreni precedentemente deformati lungo i fronti orogenici nord-vergente e sud-vergente (bacino del Sepur in Messico-Guatemala, Bacino di Avanfossa a Cuba, Bacino Piemontino in Venezuela).

In particolare per l'Istmo Centroamericano, che rappresenta il margine occidentale della Placca Caraibica, il modello geodinamico più sopra sintetizzato prevede una complessa storia evolutiva a partire dal Giurassico (circa 180 Ma) che attraverso varie fasi raggiunge la conformazione attuale.

Esso è oggi costituito dalla giustapposizione di vari blocchi litosferici di relativamente modeste dimensioni (Fig. 2.22), da nord:

- *Maya (corrispondente al Messico meridionale ed al nord del Guatemala), con caratteristiche di crosta continentale;*
- *Chortis (che ospita Guatemala, El Salvador, Nicaragua e Honduras), con caratteristiche di crosta continentale e che si estende nel Mar dei Caraibi con il rialzo del Nicaragua;*
- *Chorotega (corrispondente al Costarica ed al nord di Panama), la cui crosta è di tipo oceanico ispessita;*
- *Choco (Panama e parte del confine colombiano), con crosta oceanica di tipo arco magmatico.*

Il blocco Maya, l'unico che non fa parte della Placca Caraibica ma di quella nord-americana, è la terminazione meridionale del sistema delle cordigliere messicane, e possiede una storia geologica abbastanza differente da quella del limitrofo blocco Chortis, la cui posizione

notoria, era mas bien lejana del Maya, separado de esto por un brazo de océano jurásico-cretácico (proto Caribe).

El bloque Chortis debía provenir del noroeste, habiendo sufrido una rotación anti horaria que lo llevó a chocar con el bloque Maya, el cual ha rotado en sentido horario, a continuación de la formación de una sutura oceánica hoy presente a lo largo del sistema de Polochic-Motagua, a su vez dispersa a lo largo del sistema homónimo de fallas de movimiento horizontal. La porción meridional del bloque Chortis ha interactuado con un fragmento de litósfera oceánica del proto Caribe original, quizá formando también un arco magmático, constituyendo finalmente el bloque Chorotega. También este habría rotado en el tiempo en sentido contrario a las manecillas del reloj, al norte provocando la zona de deformación de Santa Elena y al sur interactuando con el bloque Choco, formado por terrenos pertenecientes al arco volcánico de la Cordillera occidental andina, a lo largo del sistema de fallas del Canal de Panamá, por efecto de la rotación anti horaria de tal bloque.

En definitiva, el actual Istmo centroamericano se habría construido en muchas decenas de millones de años, ya sea como resultado de la historia del original océano proto Caribe, ya sea por efecto de rotaciones diferenciales que han permitido la yuxtaposición de los cuatro bloques descritos a lo largo de una dirección noroeste/sureste, como separación entre el actual Mar Caribe y el Pacífico oriental.

Siguiendo el margen occidental del Istmo, la corteza del Pacífico subduce por debajo del Istmo mismo a través de la Fosa Mesoamericana, produciendo la famosa Cordillera Volcánica Centroamericana, aún hoy activa.

originaria, sebbene ancora poco nota, era piuttosto lontana dal Maya, separato da questo da un braccio di oceano giurassico-cretacico (protoCaraibi).

Il blocco Chortis dovrebbe provenire da nord-ovest, avendo subito una rotazione antioraria che lo ha portato a collidere con il blocco Maya, il quale ha ruotato in senso orario, a seguito della formazione di una sutura oceanica oggi presente lungo il sistema di Polochic-Motagua, a sua volta dispersa lungo l'omonimo sistema di faglie a movimento orizzontale. La porzione meridionale del blocco Chortis ha interagito con un frammento di litosfera oceanica dell'originario protoCaraibi, forse formando anche un arco magmatico, costituendo infine il blocco Chorotega. Anche questo avrebbe ruotato nel tempo in senso antiorario, provocando a nord la zona di deformazione di Santa Elena e interagendo a sud con il blocco Choco, formato da terreni appartenenti all'arco vulcanico della Cordigliera occidentale andina, lungo il sistema di faglie del Canale di Panama, per effetto della rotazione antioraria di tale blocco.

In definitiva, l'odierno Istmo centroamericano si sarebbe costruito in molte decine di milioni di anni, sia come risultante della storia dell'originario oceano protoCaraibico, che per effetto di rotazioni differenziali che hanno permesso la giustapposizione dei quattro blocchi descritti lungo una direzione nord-ovest/sud-est, a separazione tra l'odierno Mar dei Caraibi e il Pacifico orientale.

Lungo il margine occidentale dell'Istmo la crosta del Pacifico subduce al disotto dell'Istmo stesso attraverso la Fossa Mesoamericana, producendo la Cordigliera Vulcanica Centroamericana, tuttora attiva.

2.3

Disposición tectónica del istmo centroamericano

Assetto tettonico dell'istmo centroamericano

La disposición geológico-tectónica del Istmo centroamericano está condicionada por la historia evolutiva de la región al menos desde el Jurásico, en particular debida a la progresiva superposición de varios bloques de corteza (Maya, Chortis, Chorotega, Choco) iniciada alrededor del Cretácico.

Los elementos tectónicos más antiguos están representados por las zonas de alta deformación de Motagua y Santa Elena, que contienen los restos del original océano proto Caribe, seguidos por: a) subducción del Océano Pacífico a lo largo de la Fosa Mesoamericana; b) Cordillera Volcánica mesoamericana; c) zona de fallas del sistema Polochic-Motagua; d) zona de fallas de Santa Elena-Hess; e) zona de fallas del Canal de Panamá; f) Alturas de Nicaragua y Cuenta de Colombia en el Mar Caribe (Fig. 2.23).

Come più sopra detto, l'assetto geologico-tettonico dell'Istmo centroamericano è condizionato dalla storia evolutiva della regione almeno dal Giurassico, in particolare dovuta alla progressiva giustapposizione di vari blocchi crostali (Maya, Chortis, Chorotega, Choco) iniziata circa nel Cretacico.

Gli elementi tettonici più antichi della regione centroamericana sono rappresentati dalle zone di alta deformazione di Motagua e Santa Elena, che contengono i resti dell'originario oceano protoCaraibico, seguiti da: a) subduzione dell'Oceano Pacifico lungo la Fossa Mesoamericana; b) Cordigliera Vulcanica mesoamericana; c) zona di faglie del sistema Polochic-Motagua; d) zona di faglie di Santa Elena-Hess; e) zona di faglie del Canale di Panama; f) Rialzo del Nicaragua e Bacino di Colombia nel Mar dei Caraibi (Fig. 2.23).

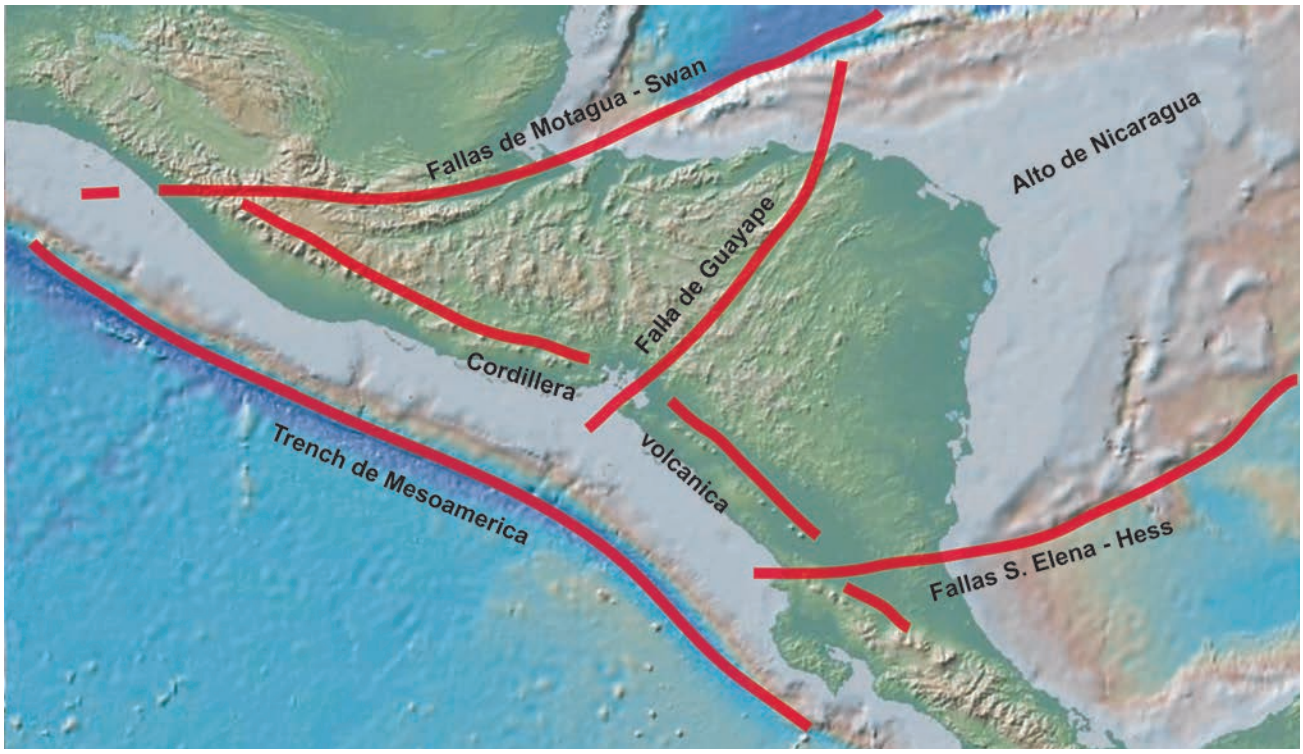


Fig. 2.23- Elementos tectónicos principales de parte de Centroamérica.

La subducción hacia noreste de la Placa de Cocos y de parte de la de Nazca por debajo del Istmo, bien marcada por la Fosa Mesoamericana no lejos de la costa occidental de Centroamérica, provoca una intensa deformación de los terrenos profundos de los bloques que constituyen el mosaico centroamericano y la remontada de magmas que se detienen o atraviesan la corteza de este último, y que salen formando la Cordillera Volcánica actual, superpuesta a un complejo sistema volcánico del Terciario, ya extinto.

El margen occidental de la Placa del Caribe, representado por el Istmo, coincide con la porción superior de la subducción, que en general se desliza hacia el suroeste, por encima del plano de subducción del Océano Pacífico, pero siendo más débil desde el punto de vista mecánico sufre movimientos relativos que se realizan en una densa red de fallas (Fig. 2.24).

Por las características y la dirección de este complejo sistema de fallas se reconocen los movimientos de varias porciones del Istmo, inducidas por los movimientos de las fallas principales, tales como: a) la Placa del Caribe se desliza hacia el este respecto de la norteamericana a lo largo de la estructura de Polochic-Motagua; b) el

La subduzione verso nord-est della Placca di Cocos e di parte di quella di Nazca al disotto dell'Istmo, ben marcata dalla Fossa Mesoamericana non lontano dalla costa occidentale del Centro America, provoca una intensa deformazione dei terreni profondi dei blocchi che costituiscono il mosaico centroamericano, e la risalita di magmi che stazionano o attraversano la crosta di quest'ultimo, e che fuoriescono a formare la Cordigliera Vulcanica attuale, sovrimposta ad un complesso sistema vulcanico del Terziario ormai estinto.

Il margine occidentale della Placca Caraibica rappresentato dall'Istmo, coincide con la porzione superiore della subduzione, che in generale scivola verso sud-ovest al disopra del piano di subduzione dell'Oceano Pacifico, ma essendo più debole dal punto di vista meccanico subisce movimenti relativi che si realizzano in una densa griglia di faglie (Fig. 2.24).

Dalle caratteristiche e direzione di questo complesso sistema di faglie si riconoscono i movimenti di varie porzioni dell'Istmo, indotte dai movimenti delle faglie principali, quali: a) la Placca Caraibica scivola verso est rispetto a quella nord-Americana lungo la struttura di Polochic-Motagua; b) il blocco Chortis + Rialzo del Nicaragua

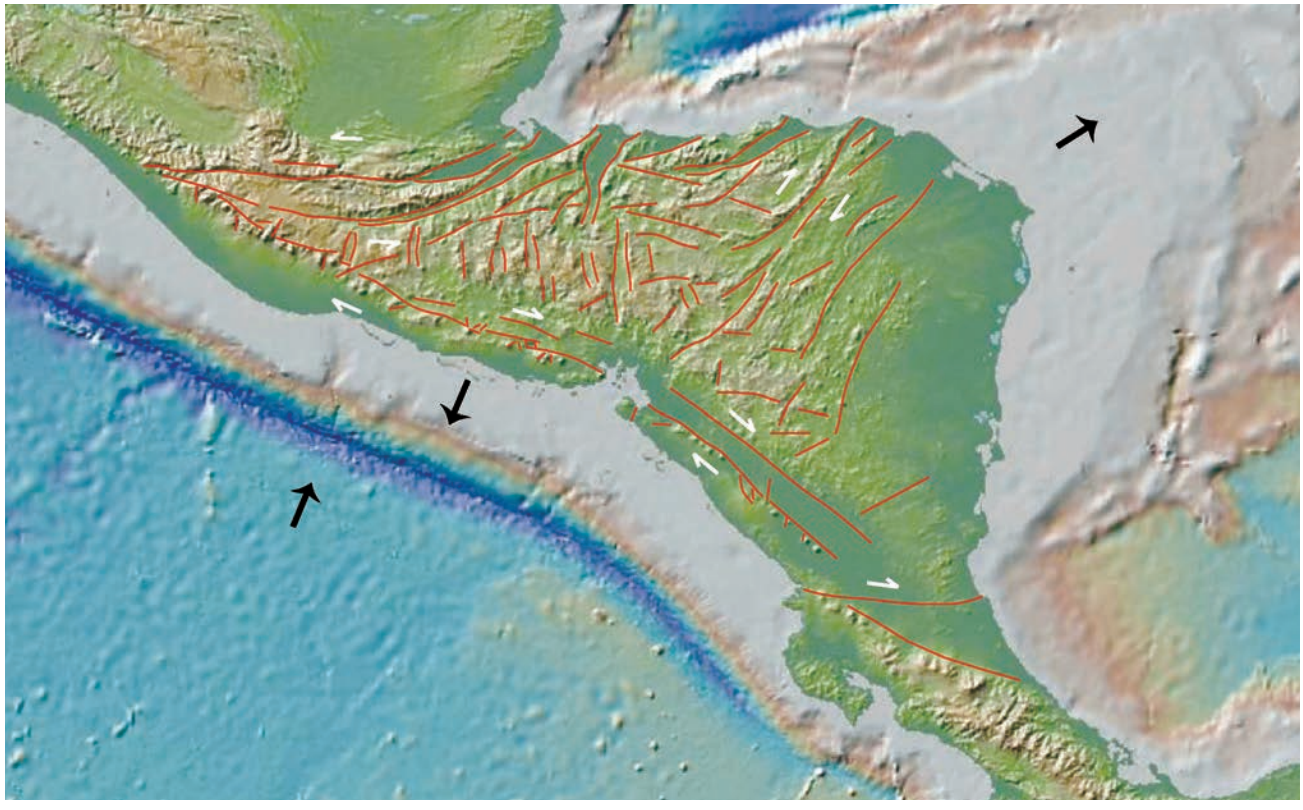


Fig. 2.24- La red de fallas principales que atraviesan parte de Centroamérica y las direcciones de movimiento recíproco (flechas blancas). Las flechas negras indican las direcciones de movimiento de Centroamérica respecto al Océano Pacífico.

bloque Chortis + Alturas de Nicaragua se desliza hacia el suroeste respecto del bloque Chorotega a lo largo del sistema de fallas Santa Elena-Hess; c) el bloque Choco se escurre hacia el noroeste a lo largo de las fallas del Canal de Panamá; d) la porción externa de la Cordillera Volcánica se halla dislocada hacia el noroeste respecto de la interna por una serie de segmentos de falla que corren al oeste de ella.

Dentro de estos sistemas de fallas principales, la deformación frágil se realiza a través de fallas de diferente significado que producen deslizamientos laterales entre porciones de terrenos (Fig. 2.25, 2.26a, b) o elevaciones y relativos descensos, los cuales participan en la adquisición de la disposición morfo-tectónica y morfológica de Centroamérica.

La disposición geológico-tectónica de la región centroamericana condiciona el estallido y el desarrollo de fenómenos naturales potencialmente peligrosos, caracterizando la susceptibilidad del territorio a los varios fenómenos (véase capítulos succesivos):

- la sismicidad está ligada a los campos de esfuerzos, regionales, inducidos por las Placas de Cocos y Nazca en subducción oblicua por debajo de Centroamérica (Fosa Mesoamericana) y por el movimiento transversal izquierdo entre la Placa del Caribe y la norteamericana (Sistema del Polochic-Motagua-Swan) (Fig. 2.27); y – locales, relativos a

scivola verso sud-ovest rispetto al blocco Chorotega lungo il sistema di faglie Santa Elena-Hess; c) il blocco Choco scivola verso nord-ovest lungo le faglie del Canale di Panama; d) la porzione esterna della Cordigliera Vulcanica viene dislocata verso nord-ovest rispetto a quella interna da una serie di segmenti di faglia che corrono ad ovest di essa.

All'interno di questi sistemi di faglie principali la deformazione fragile si realizza attraverso faglie di diverso significato che producono scivolamenti laterali tra porzioni di terreni (Figg. 2.25, 2.26a, b) o sollevamenti e relativi abbassamenti, i quali partecipano all'acquisizione dell'assetto morfo-tettonico e morfologico del Centro America.

L'assetto geologico-tettonico della regione centroamericana condiziona l'innesco e lo sviluppo di fenomeni naturali potenzialmente pericolosi, caratterizzando la suscettibilità del territorio ai vari fenomeni (vedi capitoli successivi):

- *la sismicità è legata ai campi di sforzi regionali, indotti dalle Placche di Cocos e Nazca in subduzione obliqua al disotto del Centro America (Fossa Mesoamericana) e dal movimento trascorrente sinistro tra la Placca Caraibica e quella Nordamericana (Sistema di Polochic-Motagua-Swan) (Fig. 2.27); e (2) locali, relativi alla Placca Caraibica in obduzione, che essendo più debole, è soggetta a movimenti orizzontali e verticali*



Fig. 2.25 – El Valle del Río Motagua, dispuesto a lo largo del sistema de fallas del mismo nombre, límite transversal entre las placas del Caribe y de Norteamérica.



Fig. 2.26a – Fallas strike-slip izquierdas del Sistema del Motagua.



Fig. 2.26b – Fallas strike-slip izquierdas del Sistema del Motagua.

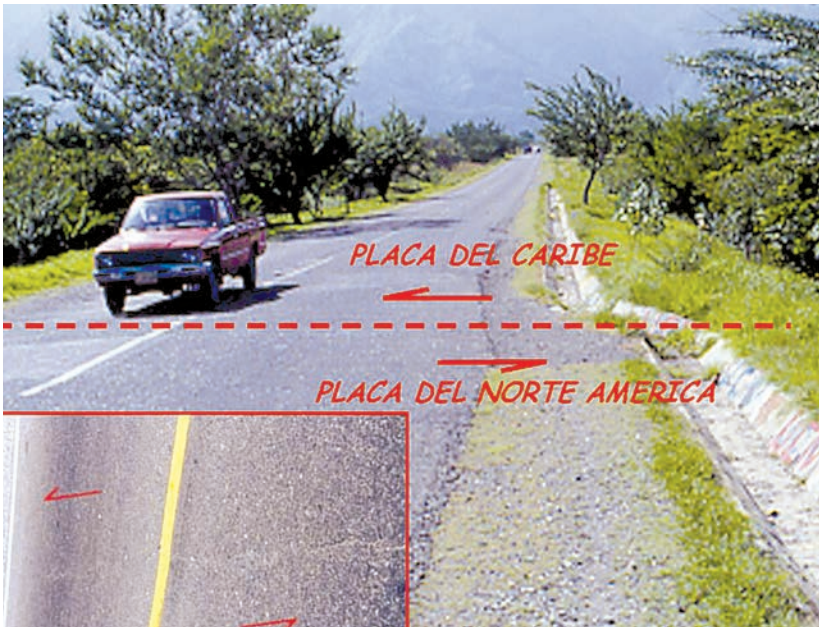


Fig. 2.27 – El deslizamiento a lo largo de la Falla del Motagua, cual efecto cosísmico del terremoto de febrero 1976 en Guatemala, observable por la deformación sufrida, y aún en la actualidad (recuadro), en una carretera.

la Placa del Caribe en obducción, que siendo más débil, está sujeta a movimientos horizontales y verticales que la seccionan en numerosas porciones separadas de una complicada red de fallas, muchas de las cuales sismo génicas. La deformación de la Placa del Caribe en obducción genera terremotos de corteza superficiales y medio-profundos, mientras el deslizamiento en el interfaz entre la Placa de Cocos genera terremotos de interplaca que se extienden desde casi la base de la fosa mesoamericana hasta la profundidad de 50-70 km., hasta las profundidades más elevadas donde se pueden generar sismos a lo largo de la placa en subducción. En práctica, la sismicidad del área es atribuible a la zona de subducción y/o a la de supra-subducción, que confieren a buena parte del territorio valores variables de peligrosidad;

- el volcanismo está directamente conectado a la subducción de la Placa de Cocos, que ha determinado la larga Cordillera Volcánica Centroamericana, donde están presentes numerosos edificios activos, superpuestos a una amplia región volcánica extinta del Terciario, alineados a lo largo de la costa pacífica y separados por la Fosa Mesoamericana de un más o menos típico arc-trench gap de unos cien km de ancho. Las erupciones, prevalecientemente andesíticas y en algunos lugares basálticas, son a menudo explosivas, construyen estrato-volcanes de notables dimensiones, cuya evolución está también

che la dissecano in numerose porzioni separate da una complicata griglia di faglie, molte delle quali sismogeniche. La deformazione della Placca Caraibica in obduzione genera terremoti crostali superficiali e medio-profondi, mentre lo scivolamento sulla Placca di Cocos genera all'interfaccia terremoti di interplacca che si estendono da quasi alla base della fossa mesoamericana fino a profondità di 50-70 km., e più elevate lungo la placca in subduzione. In pratica, la sismicità dell'area è riferibile alla zona di subduzione o/e a quella di supra-subduzione, che conferiscono a buona parte del territorio valori variabili di pericolosità;

- *il vulcanesimo è direttamente connesso alla subduzione della Placca di Cocos, che ha determinato la lunga Cordigliera Vulcanica Centroamericana, ove sono presenti numerosi edifici attivi, sovrapposti ad un'ampia regione vulcanica estinta del Terziario, allineati lungo la costa pacifica e separati dalla Fossa Mesoamericana da un più o meno tipico arc-trench gap largo un centinaio di km. Le eruzioni, prevalentemente andesitiche e a luoghi basaltiche, sono spesso esplosive, costruiscono strato-vulcani di notevoli dimensioni, la cui evoluzione è anche condizionata dalla tettonica trascorrente e transtensiva sovrimposta al margine occidentale della Placca Caraibica in obduzione. La pericolosità lungo la cordigliera vulcanica è da media ad alta,*

condicionada por la tectónica transversal y transdistendida superpuesta al margen occidental de la Placa del Caribe en obducción. La peligrosidad a lo largo de la cordillera volcánica es de media a alta, a menudo incrementada por la sismicidad;

- la tendencia al deslizamiento, dada la notable variabilidad del relieve y las litologías emergentes, generalmente volcánicas y prevalecientemente cubiertas por espesores considerables de terrenos de alteración, confiere a la región valores de peligrosidad diferenciados en función de los parámetros antes dichos. Los relieves son o típicos de los aparatos volcánicos o determinados por la tectónica transversal y/o distendida, evidentes de suroeste a noreste en las zonas morfológicas costeras, de la cordillera volcánica, del graben a las espaldas del arco volcánico y de las zonas irregularmente elevadas o subplanicies de los llamados altiplanos al interno de la región;

- los aluviones y las inundaciones están también ligadas a la morfología y a la hidrografía del territorio, y alcanzan niveles de altísima peligrosidad, a menudo exasperados por los fenómenos meteorológicos extremos que se abaten sobre la delgada franja de tierra que constituye el Istmo centroamericano;

- los fenómenos marinos condicionan la costa pacífica de Centroamérica y se determinan en la zona entre la cordillera volcánica y la fosa mesoamericana, de morfología del fondo marino muy variable, frecuentemente constituido por sedimentos muy poco coherentes que recubren un substrato sujeto a notable actividad tectónica que se exterioriza en numerosas fallas y pliegues, tenida en cuenta la posición entre el trench mesoamericano y la cordillera volcánica.

Los fenómenos mencionados se combinan frecuentemente entre sí confiriendo a numerosas áreas carácter de multi-hazard, con consecuente susceptibilidad del territorio bastante elevada.

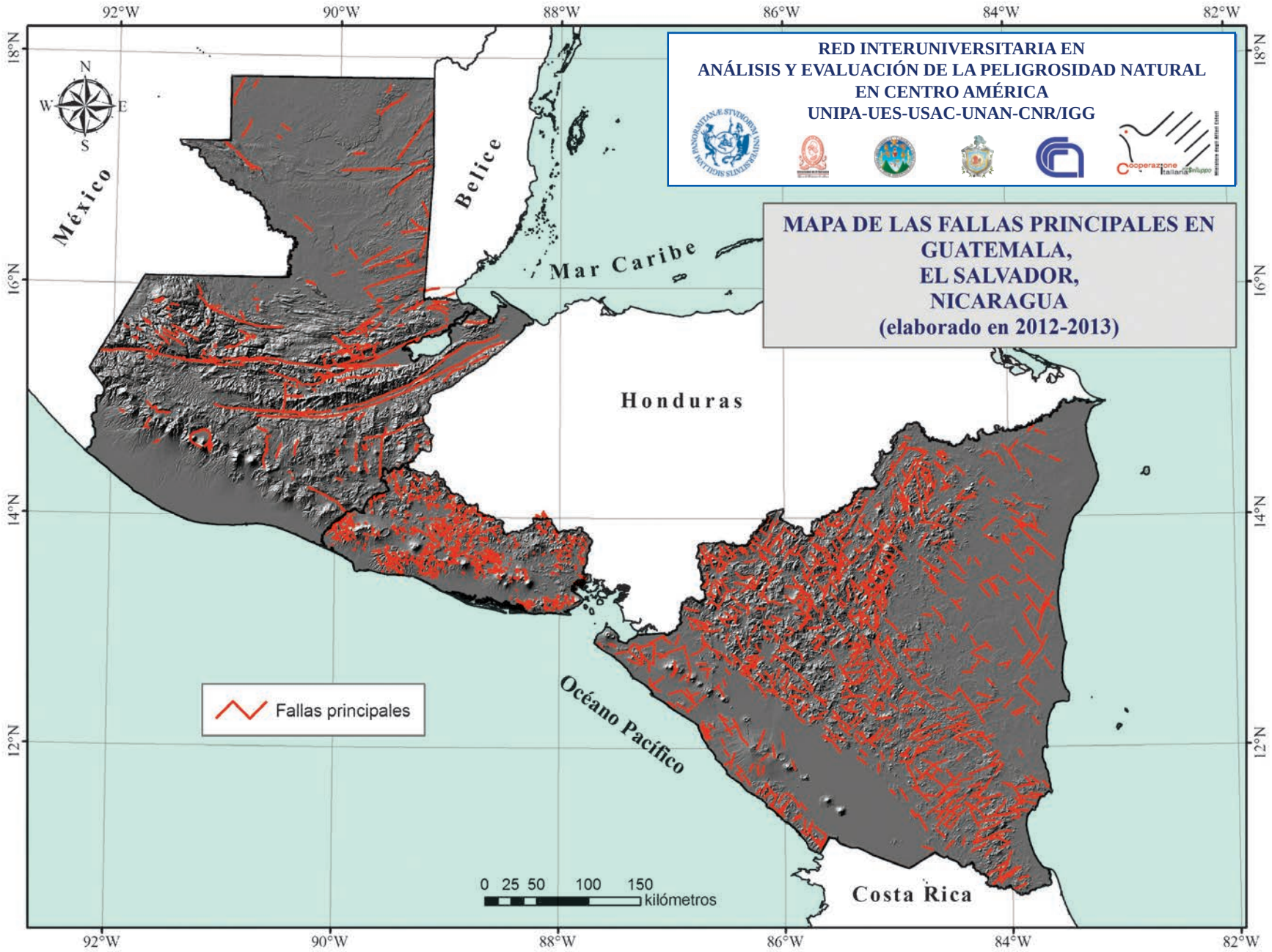
spesso incrementata dalla sismicità;

- *la franosità, data la notevole variabilità del rilievo e le litologie affioranti, generalmente vulcaniche e prevalentemente coperte da spessori considerevoli di terreni di alterazione, conferisce alla regione valori di pericolosità differenziati in funzione dei suddetti parametri. I rilievi sono o tipici degli apparati vulcanici o determinati dalla tettonica trascorrente e/o distensiva, distinti da sud-ovest a nord-est nelle zone morfologiche costiere, della cordigliera vulcanica, del graben alle spalle dell'arco vulcanico, e delle zone irregolarmente elevate o sub-pianeggianti degli altipiani all'interno della regione;*

- *le alluvioni e le inondazioni sono anch'esse legate alla morfologia ed idrografia del territorio, e raggiungono livelli di altissima pericolosità, spesso esasperati dai fenomeni metereologici estremi che si abbattono sulla sottile striscia di terra che costituisce l'Istmo centroamericano;*

- *i fenomeni marini condizionano la costa pacifica del Centro America e si determinano nella zona tra la cordigliera vulcanica e la fossa mesoamericana, con morfologia del fondo marino molto variabile, spesso costituito da sedimenti molto poco coerenti che ricoprono un substrato soggetto a notevole attività tettonica che si estrinseca in numerose faglie e pieghe, vista la posizione tra il trench mesoamericano e la cordigliera vulcanica.*

I suddetti fenomeni si combinano spesso tra essi conferendo a numerose aree caratteri di multi-hazard con conseguente suscettibilità del territorio abbastanza elevata.



Mapa 2.I - Ver anexo 1

2.4

Apuntes de geología y litología

Richiami di geologia e litologia

América Central o ístmica, desde los altiplanos de los Mayas en Guatemala en el sector septentrional a las costas pantanosas de la región del Darién en el sector más meridional, presenta una geología mas bien compleja en un territorio ubicado entre las riveras del Caribe y la costa del Pacífico donde las distancias varían de no más de 80 km en la zona del canal de Panamá, hasta a 400 km entre Nicaragua y Honduras.

La mayor parte del Istmo está compuesto de materiales de origen volcánico, predominantes en el este de Panamá y en la parte oriental de Costa Rica. Como en la parte central de Nicaragua, al sur de Honduras, al suroeste de Guatemala y en la mayor parte del territorio salvadoreño. Las formaciones de origen sedimentario predominan hacia el sur de Guatemala, al sur de El Salvador y Nicaragua, noroeste de Costa Rica y parte de Panamá. En una menor medida, el Istmo centroamericano presenta afloramientos de rocas metamórficas en la parte central y oriental del Guatemala, en el norte de Honduras y en Nicaragua nororiental.

Las formaciones geológicas de la región centroamericana tienen una edad comprendida del Paleozoico a la actualidad. La prevalencia de terrenos es del Terciario al Cuaternario, mientras los terrenos más antiguos son los metamórficos del Paleozoico-Mesozoico.

Además de la caracterización litológica de las formaciones rocosas es importante reconocer su relación estratigráfica y geométrica. Por tanto, los cuerpos geológicos son descritos en relación con las características litológicas y con la edad de formación, con los reportes geométricos y con el significado regional que asumen. Los terrenos presentes en el área están reagrupados en unidades geológico-estructurales informales, que contienen terrenos, formaciones geológicas y grupos de formaciones, que así reunidos pueden permitir una fácil lectura de la evolución del área centroamericana, e indicar, además, cómo en razón de

L'America Centrale o istmica, dagli altopiani dei Maya in Guatemala, nel settore settentrionale, alle coste palustri della regione di Darién, nel settore più meridionale, presenta una geologia piuttosto complessa in un territorio ubicato tra le rive dei Caraibi e la costa del Pacifico ove le distanze variano di non più di 80 km nella zona del canale di Panama, fino a 400 km tra Nicaragua e Honduras.

La maggior parte dell'Istmo è composta da materiali di origine vulcanica, predominanti nell'ovest di Panama e nella parte orientale del Costa Rica, come nella parte centrale del Nicaragua, a sud di Honduras, a sud-ovest del Guatemala e nella maggior parte del territorio salvadoregno. Le formazioni di origine sedimentaria predominano verso il sud del Guatemala, a sud di El Salvador e in Nicaragua, nel nord-ovest di Costa Rica e in parte di Panama. In misura minore, l'Istmo centroamericano presenta affioramenti di rocce metamorfiche nella parte centrale ed orientale del Guatemala, nel nord dell'Honduras e nel Nicaragua nord-orientale.

Le formazioni geologiche della regione centroamericana hanno un'età compresa dal Paleozoico all'Attuale. La prevalenza dei terreni è del Terziario-Quaternario, mentre i terreni più antichi sono quelli metamorfici del Paleozoico-Mesozoico.

Oltre alla caratterizzazione litologica delle formazioni rocciose è importante riconoscere i loro rapporti stratigrafici e geometrici. Pertanto i corpi geologici verranno descritti in relazione alle caratteristiche litologiche e all'età di formazione, ai rapporti geometrici e al significato regionale che assumono. I terreni presenti nell'area sono raggruppati in unità geologico-strutturali informali, contenenti terreni, formazioni geologiche e gruppi di formazioni, che così riuniti possono permettere una facile lettura dell'evoluzione dell'area centroamericana, e indicare inoltre come in ragione delle

las rocas emergentes se pueda valorar la susceptibilidad geológica presente en la región. Las unidades informales son, más abajo, descritas en orden cronológico, de las más antiguas a las más recientes y en relación con las relaciones geométricas recíprocas.

Bajo el aspecto geológico regional, Centroamérica representa un área en la cual afloran diversos cuerpos geológicos tectónicamente superpuestos o separados por fallas que ponen en contacto directo terrenos con diferentes historias geológicas y formados en eras comprendidas entre el Paleozoico y el Cuaternario.

El mapa geológico digital (anexo 2) fue compilado sintetizando los datos de los mapas geológicos existentes en la literatura de Guatemala, El Salvador y Nicaragua (al final de este capítulo), con el agregado de relieves editados e inéditos de los autores del presente volumen.

Por tanto, la descripción de los terrenos hace referencia a la leyenda del mapa digital de síntesis, donde muchos cuerpos rocosos han sido reunidos para ofrecer una mejor visión regional de las unidades aflorantes, útil en particular para el análisis de la peligrosidad natural.

BLOQUE MAYA (MAY)

Basamento cristalino (MAY 1A). Terrenos metamórficos pertenecientes al "Bloque Maya" afloran en Guatemala en ventana tectónica por debajo de cubiertas sedimentarias y unidades alóctonas. Se caracterizan por meta-limolitas, meta-areniscas, filitas, esquistos micáceos, mármoles, gneiss y migmatitas, por rocas plutónicas que comprenden granitos y dioritas de edad Carbonífero-Permiana (correspondientes a las Formaciones y grupos Aguacate, Santa Rosa y Chocal, en parte asimiladas por la literatura) En algunos lugares tales unidades se refieren a algunos afloramientos de cubierta sedimentaria de colocación incierta (Paleozoico – Mesozoico).

Cubierta sedimentaria (MAY 1B) Como cubierta de los terrenos precedentes, en discordancia sobre el basamento, aflora una extensa y espesa secuencia estratigráfica mesozoica y terciaria comprendiente: evaporitas y areniscas rojas, dolomías y calizas dolomíticas grises de masivos a estratificados conglomerados calizos, limolitas y areniscas flyschioide, calcarenitas y calizas, de edad comprendida del Mesozoico medio-superior al Terciario (Fig.2.28a,b). La

rocce affioranti si possa valutare la suscettibilità geologica presente nella regione. Le unità informali vengono di seguito descritte nell'ordine cronologico, dalle più antiche alle più recenti, ed in relazione ai rapporti geometrici reciproci.

Sotto l'aspetto geologico regionale il Centro America rappresenta un'area in cui affiorano diversi corpi geologici tettonicamente sovrapposti o separati da faglie che mettono a diretto contatto terreni con differenti storie geologiche e formati in ere comprese tra il Paleozoico e il Quaternario.

La carta geologica digitale (allegato 2) è stata compilata sintetizzando i dati delle carte geologiche presenti in letteratura, del Guatemala, El Salvador e Nicaragua (alla fine del capitolo), con l'aggiunta di rilievi editi ed inediti degli autori del presente volume.

Pertanto, la descrizione dei terreni fa riferimento alla legenda della carta digitale di sintesi, ove molti corpi rocciosi sono stati accorpati per meglio offrire una visione regionale delle unità affioranti, utile in particolare all'analisi delle pericolosità naturali.

BLOCCO MAYA (MAY)

Basamento cristallino (MAY 1A). Terreni metamorfici appartenenti al "blocco Maya" affiorano in Guatemala in finestra tettonica al di sotto di coperture sedimentarie e unità alloctone. Sono caratterizzati da metasiltiti, metarenarie, filladi, micascisti, marmi, gneiss e migmatiti, da rocce plutoniche comprendenti graniti e dioriti di età Carbonifero-Permiana (corrispondenti alle Formazioni e gruppi Aguacate, Santa Rosa e Chocal, in parte assimilate dalla letteratura) A luoghi a tali unità sono a luoghi riferiti affioramenti di copertura sedimentaria di incerta collocazione (Paleozoico – Mesozoico).

Copertura sedimentaria (MAY 1B). A copertura dei terreni precedenti in discordanza sul basamento affiora una estesa e spessa sequenza stratigrafica mesozoica e terziaria comprendente: evaporiti e arenarie rosse, dolomie e calcari dolomitici grigi da massivi a stratificati, conglomerati calcarei, siltiti e arenarie flyschioidi, calcareniti e calcari, di età compresa tra il Mesozoico medio-superiore e il Terziario (Figg. 2.28a,b). La sopradetta



Fig. 2.28a - Areniscas y limolitas de la cubierta del Bloque Maya (Formación Todos Santos, Guatemala)



Fig. 2.28b - Areniscas e limolitas arcillosas plegadas de la cubierta del Bloque Maya (Formación Sepur, Guatemala)



Fig. 2.29 - Metamórficas filíticas con filones de cuarzo del basamento Chortis (Formación Las Ovejas, Guatemala)



Fig. 2.30a - Metamórficas carbonáticas cuarzosas intensamente plegadas del bloque Chuacús (Pasabien, Guatemala)



Fig. 2.30b - Esquistos granates (Eclogitas) del bloque Chuacús (Guatemala)



Fig. 2.30c - Granitos del Bloque Chuacús (Rabinal, Guatemala)

antes dicha secuencia está en buena parte comprendida en las Formaciones y Grupos San Ricardo, Todos Santos, Cobán, Campur, Sepur, Petén, El Bosque, Carib.

BLOQUE CHORTIS (CHR)

Basamento cristalino (CHR 2A) Aflora en las zonas meridionales de Guatemala, en Honduras y en Nicaragua nororiental y está constituido por complejos meta-sedimentarios y meta-ígneos compuestos por esquistos, gneis, mármoles y filitas, comparables, en parte, a los grupos y formaciones Las Ovejas, y San Diego de la literatura (Fig. 2.29). Edad Paleozoica.

Cubierta sedimentaria (CHR 2B) En discordancia sobre el basamento cristalino, afloran en el sur de Guatemala y extensivamente en Honduras oriental: areniscas, arcillas y calcilutitas, areniscas multicolores y una espesa secuencia de carbonatos, en algunos lugares con intercalaciones de rocas rojas residuales, asemejadas en la literatura a los grupos y formaciones Honduras, Metapán, Yojoa, Valle de Ángeles, de edad mesozoica.

BLOQUE CHUACÚS (Chu)

Basamento cristalino (Chu 3). El micro bloque Chuacús aflora con forma de medialuna en Guatemala centro meridional, de oeste a este, en Sierras de Chuacús y Las Minas, hasta las Montañas del Mico casi sobre la costa del mar del Caribe (Fig. 2.30a, b, c).

Sobre la atribución de los terrenos de tal micro bloque, el debate está aún abierto, si pertenecen al Bloque Maya o a un micro bloque independiente inserto entre los bloques Maya y Chortis. El basamento está constituido por rocas metamórficas indistintas, filitas, esquistos cloríticos y granate, esquistos y gneis cuarzosos, mármoles y migmatitas del Paleozoico-Mesozoico.

OFIOLITAS (Oph)

Ofiolitas oceánicas (Oph 4). Afloran a lo largo del valle del Motagua, al norte y al sur de la falla homónima, en posición de sobrecorrimiento, ya sea sobre los terrenos del Bloque Chortis ya sea sobre terrenos del Bloque Chuacús. Consisten esencialmente en una secuencia ofiolítica notablemente deformada con afinidad oceánica compuesta por peridotitas serpentinizadas (Fig.2.31a, b), gabros foliados, seguidos por espesos niveles de lavas basálticas a pillows meta-radiolaritas,

sequenza è in buona parte compresa nelle Formazioni e Gruppi San Ricardo, Todos Santos, Coban, Campur, Sepur, Petén, El Bosque, Carib.

BLOCCO CHORTIS (CHR)

Basamento cristallino (CHR 2A). Affiora nelle zone meridionali del Guatemata, in Honduras e nel Nicaragua nord-orientale ed è costituito da complessi meta-sedimentari e meta-ignei composti da scisti, gneiss, marmi e filliti assimilabili in parte ai gruppi e formazioni Las Ovejas e San Diego della letteratura (Fig. 2.29). Età Paleozoico.

Copertura sedimentaria (CHR 2B). In discordanza sul basamento cristallino affiorano nel sud del Guatemala ed estensivamente nell'Honduras orientale: arenarie, argille e calcilutiti, arenarie varicolori e una spessa sequenza di carbonati a luoghi con intercalazioni di rocce rosse residuali, assimilate in letteratura ai gruppi e formazioni Honduras, Metapan, Yojoa, Valle de Angeles di età mesozoica.

BLOCCO CHUACUS (Chu)

Basamento cristallino (Chu 3). Il microblocco Chaucus affiora a forma di falce di luna nel Guatemala centro meridionale da Ovest ad Est, nel Sierras de Chuacus e Las Minas, sino a Montagne del Mico quasi sulla costa del mar Caribe (Figg. 2.30 a,b,c).

Sull'attribuzione dei terreni di tale microblocco il dibattito è ancora aperto, se appartenenti al Blocco Maya o a un microblocco indipendente inserito tra i blocchi Maya e Chortis. Il basamento è costituito da rocce metamorfiche indistinte, filladi, scisti cloritici e granatiferi, scisti e gneiss quarzosi, marmi e migmatiti del Paleozoico-Mesozoico.

OFIOLITI (Oph)

Ofioliti oceaniche (Oph 4). Affiorano lungo la valle di Motagua a nord e a Sud della faglia omonima, in posizione di sovrascorrimento sia sui terreni del Blocco Chortis che su terreni del Blocco Chaucus. Consistono essenzialmente in una sequenza ofiolitica notevolmente deformata con affinità oceanica composta da peridotiti serpentinizzate (Figg. 2.31a,b), gabbri foliati, seguiti da spessi livelli di lave basaltiche a pillows, meta-radiolariti, meta- siltiti e



Fig 2.31a - Peridotitas serpentinizadas de las Unidades Ofiolíticas (Baja Verapaz, Guatemala)

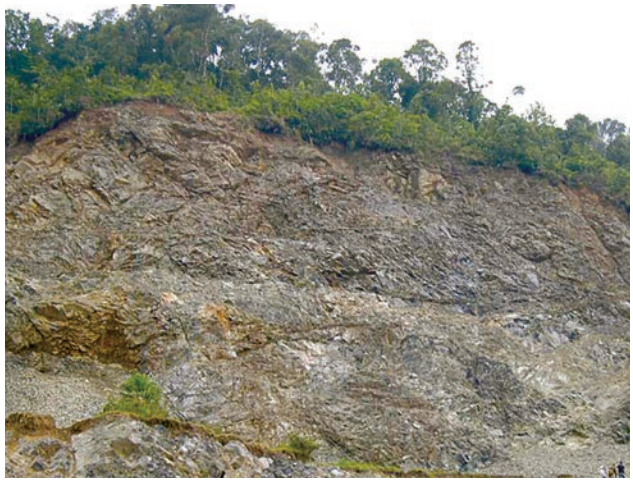


Fig. 2.31b - Melange serpentinizado de las Unidades Ofiolíticas (Valle de Motagua, Guatemala)



Fig. 2.32a - Basaltos en almohadilla de las Unidades Ofiolíticas (Río Grande, Guatemala)



Fig. 2.32 b - Radiolaritas metamórficas de las Unidades Ofiolíticas (Río Grande, Guatemala)



Fig. 2.32c - Metavulcanitas y filitas de las unidades Ofiolíticas (Formación El Tambor, Guatemala)

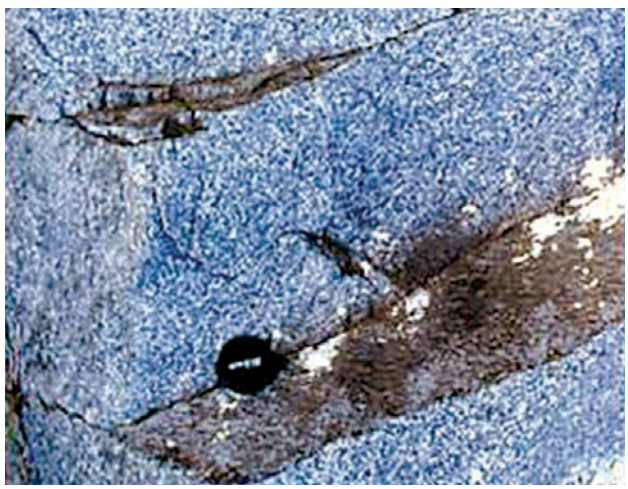


Fig. 2.33 - Granitos intrusos en las Unidades Ofiolíticas (Zacapa, Guatemala)

meta-limolitas y meta-areniscas con intercalaciones de lavas basálticas (Fig. 2.32a, b ,c). La porción superior de la secuencia está constituida por mármoles y meta-calcarenitas oscuras, alternadas con filitas. La porción inferior y mediana corresponde al Grupo El Tambor mientras la superior a la Formación Cerro de La Virgen. La edad está comprendida entre el Jurásico y el Cretáceo medio-superior.

Ofiolitas (Oph 5). Afloran a lo largo de la porción oriental de la falla del Motagua (Juan de Paz) y sobre las Sierras de Chuacús y de Las Minas (Sierra Santa Cruz y Baja Verapaz) súper-deslizada tectónicamente sobre estas últimas. Se trata de una secuencia ofiolítica con afinidad de arco volcánico hasta calco alcalina, formada por peridotita serpentinizadas, gabros foliados, doleritas, basaltos y andesitas, vulcano-clastos andesitas que pasan a brechas carbonáticas y calcarenitas (las porciones superiores son semejables a las Formaciones Tzumuy y Cerro Tipón.) La edad es del Cretáceo medio-superior.

PLUTÓNICAS (Gr 6)

Rocas plutónicas indistintas que comprenden granitos y dioritas de edad comprendida entre el Paleozoico y el Terciario, aflorantes en varias áreas de la región en estudio.

A esta unidad se incorporan los afloramientos graníticos del área de Zacapa, intrusos en las unidades ofiolíticas (Fig. 2.33).

TERRÍGENO DE LA FORMACIÓN SUBINAL (Sed 7A)

Aflora en discordancia como soldadura de los cabalgamientos de las unidades ofiolíticas, en particular a lo largo del valle del Motagua. Está constituida por una espesa secuencia de areniscas, limolitas y conglomerados multicolores de origen continental (Formación Subinal), al cual siguen en algunos lugares pómez y vulcano-clásticas de edad terciaria. La edad de la Formación Subinal se adscribe al Cretáceo superior – Eoceno.

DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS (SED 7B)

A estos depósitos sedimentarios se asemeja la mayor parte de los afloramientos de rocas sedimentarias que recubren las áreas deprimidas y costeras de la región centroamericana. Estos terrenos (Fig. 2.34) representan el manto sedimentario más reciente de Centroamérica

meta-areniti con intercalazioni di lave basaltiche (Figg. 2.32a,b,c). La porzione superiore della sequenza è costituita da marmi e meta-calcareniti scure alternate con filliti. La porzione inferiore e mediana corrisponde al Gruppo El Tambor mentre quella superiore alla Formazione Cerro de La Virgen. L'età è compresa tra il Giurassico e il Cretaceo medio-superiore.

Ofioliti (Oph 5). Affiorano lungo la porzione orientale della faglia di Motagua (Juan de Paz) e sulle Sierras di Chaucus e de Las Minas (Sierra Santa Cruz e Baja Verapaz), sovrascorse tettonicamente su queste ultime. Si tratta di una sequenza ofiolitica con affinità di arco vulcanico sino a calcalcalina, formata da peridotiti serpentinizzate, gabbri foliati, doleriti, basalti e andesiti, vulcanoclastiti andesitiche, passanti a brecce carbonatiche e calcareniti (le porzioni superiori sono assimilabili alle Formazioni Tzumuy e Cerro Tipon.) L'età è del Cretaceo medio-superiore.

PLUTONITI (Gr 6)

Rocce plutoniche indistinte comprendenti graniti e dioriti di età compresa tra il Paleozoico e il Terziario, affioranti in varie aree della regione.

A questa unità vengono accorpati gli affioramenti granitici dell'area di Zacapa intrusi nelle unità ofiolitiche (Fig. 2.33).

TERRIGENO DELLA FORMAZIONE SUBINAL (Sed 7A)

Affiora in discordanza a saldatura dei sovrascorrimenti delle unità ofiolitiche, in particolare lungo la valle di Motagua. E' costituito da una spessa sequenza di arenarie, siltiti e conglomerati varicolori di origine continentale (Formazione Subinal), a cui seguono a luoghi pomici e vulcanoclastiti di età terziaria. L'età della Formazione Subinal è ascrivibile al Cretaceo superiore – Eocene.

DEPOSITI SEDIMENTARI (SED 7B)

Ai depositi sedimentari vengono assimilati la maggior parte degli affioramenti di rocce sedimentarie che ricoprono le aree depresse e costiere della regione centroamericana. Questi terreni (Fig. 2.34) rappresentano la copertura sedimentaria più recente del Centro America,



Fig. 2.34 - Panorama de la colina de San Juan Del Sur (Nicaragua) donde afloran areniscas y limolitas terciario- cuaternarias



Fig. 2.35a - Tobas y vulcanoclásticas del vulcanismo terciario – cuaternario, deformadas por fallas cuaternarias (Graben de El Salvador).

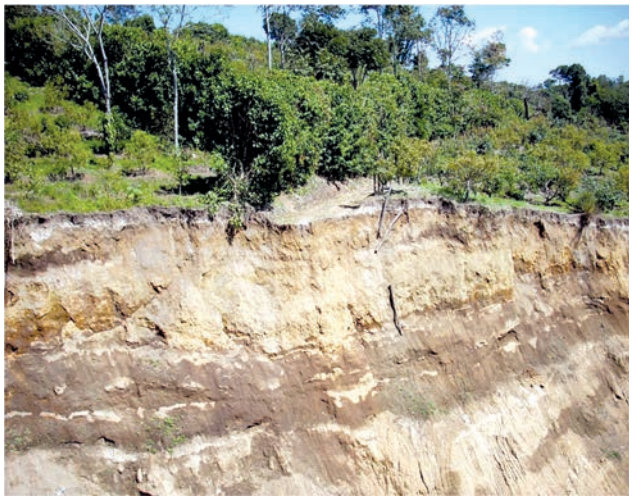


Fig. 2.35b - Tobas y vulcanoclásticas del Vulcanismo terciario (Cordillera De los Bálsamos, El Salvador)



Fig. 2.36a - Lava y cenizas del Volcán Pacaya (Guatemala)



Fig. 2.36b - Lavas cordadas del Volcán Pacaya (Guatemala)

y están compuestos por rellenos y cubiertas de pómez, rocas vulcano-sedimentarias, calizas, conglomerados, areniscas, calizas recifales, margas y conglomerados, presentes en la literatura en numerosas formaciones por lo demás de carácter local. Su edad comprende buena parte del Terciario y del Cuaternario.

VOLCANITAS (Vol)

Magmatismo terciario (Vol 8A). Esta unidad litológica recubre, por una vasta área, el sector septentrional de El Salvador, la región central y septentrional de Nicaragua y una franja paralela a la costa pacífica de Guatemala. Se trata de todas las rocas derivadas del vulcanismo terciario, conectado con las fases más antiguas de la subducción de la corteza pacífica por debajo de Centroamérica. En específico, se trata de lavas de gran variabilidad composicional, que pasan de lavas basálticas a intermedias, ignimbritas, tobas, lavas riolíticas, andesíticas, dacíticas, intrusas de cuerpos plutónicos de afinidad granítica, y en menor proporción piroclásticos y pómez (Fig. 2.35a, b). Su edad comprende buena parte del Terciario.

Vulcanismo cuaternario (Vol 8B). Constituye la Cordillera Volcánica Centroamericana alineada paralelamente a la costa pacífica, y conectada con la fenomenología más reciente y, en la actualidad, de la subducción de la placa pacífica bajo la corteza centroamericana. Se trata de productos emitidos por numerosos complejos y edificios volcánicos, tales como lavas basálticas y andesitas que, en coladas y domos, escorias, piroclásticos e ignimbritas, dan paso a lavas freático-magmáticas, lavas intermedias hasta ácidas, conos de acumulación con cenizas y tobas (Fig. 2.36a, b, c, d). La edad es del Cuaternario a la actualidad.

e sono composti da riempimenti e coperture di pomici, rocce vulcano-sedimentarie, calcari, conglomerati, arenarie, calcari recifali, marne e conglomerati, distinte in letteratura in numerose Formazioni per lo più a carattere locale. L'età è comprensiva di buona parte del Terziario e del Quaternario.

VULCANITI (Vol)

Magmatismo terziario (Vol 8A). Questa unità litologica ricopre per una vasta area il settore settentrionale di El Salvador, la regione centrale e settentrionale del Nicaragua ed una fascia parallela alla costa pacifica del Guatemala. Si tratta di tutte le rocce derivate dal vulcanesimo terziario, connesso alle fasi più antiche della subduzione della crosta pacifica al di sotto del Centro America. Nello specifico si tratta di lave a grande variabilità composizionale, passanti da lave basaltiche a intermedie, ignimbriti, tufi, lave riolitiche, andesitiche, dacitiche, intruse da corpi plutonici di affinità granitica, e in subordine piroclastiti e pomici (Figg. 2.35a,b). L'età è comprensiva di buona parte del Terziario.

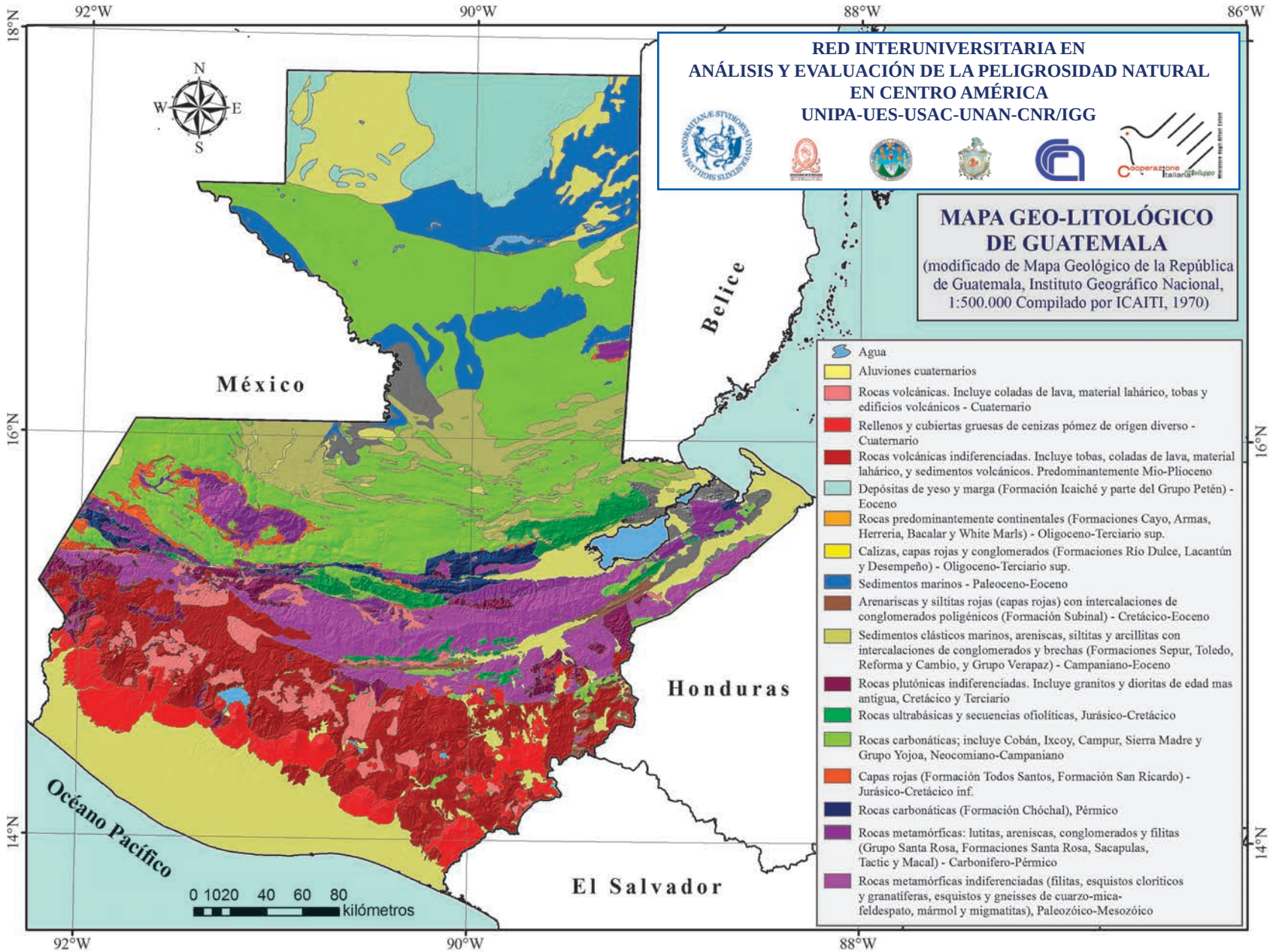
Vulcanesimo quaternario (Vol 8B). Costituisce la Cordigliera Vulcanica Centroamericana allineata parallelamente alla costa pacifica, e connessa con la fenomenologia più recente ed in atto della subduzione della placca pacifica sotto la crosta centroamericana. Si tratta di prodotti emessi dai numerosi complessi ed edifici vulcanici, quali lave basaltiche e andesitiche, in colate e duomi, scorie, piroclastiti e ignimbriti, passanti a lave freatomagmatiche, lave intermedie fino ad acide, coni di accumulo con ceneri e tufi (Figg. 2.36a,b,c,d). L'età è Quaternario-Attuale.



Fig. 2.36c - Escorias de lavas cordadas del Volcán Pacaya (Guatemala)

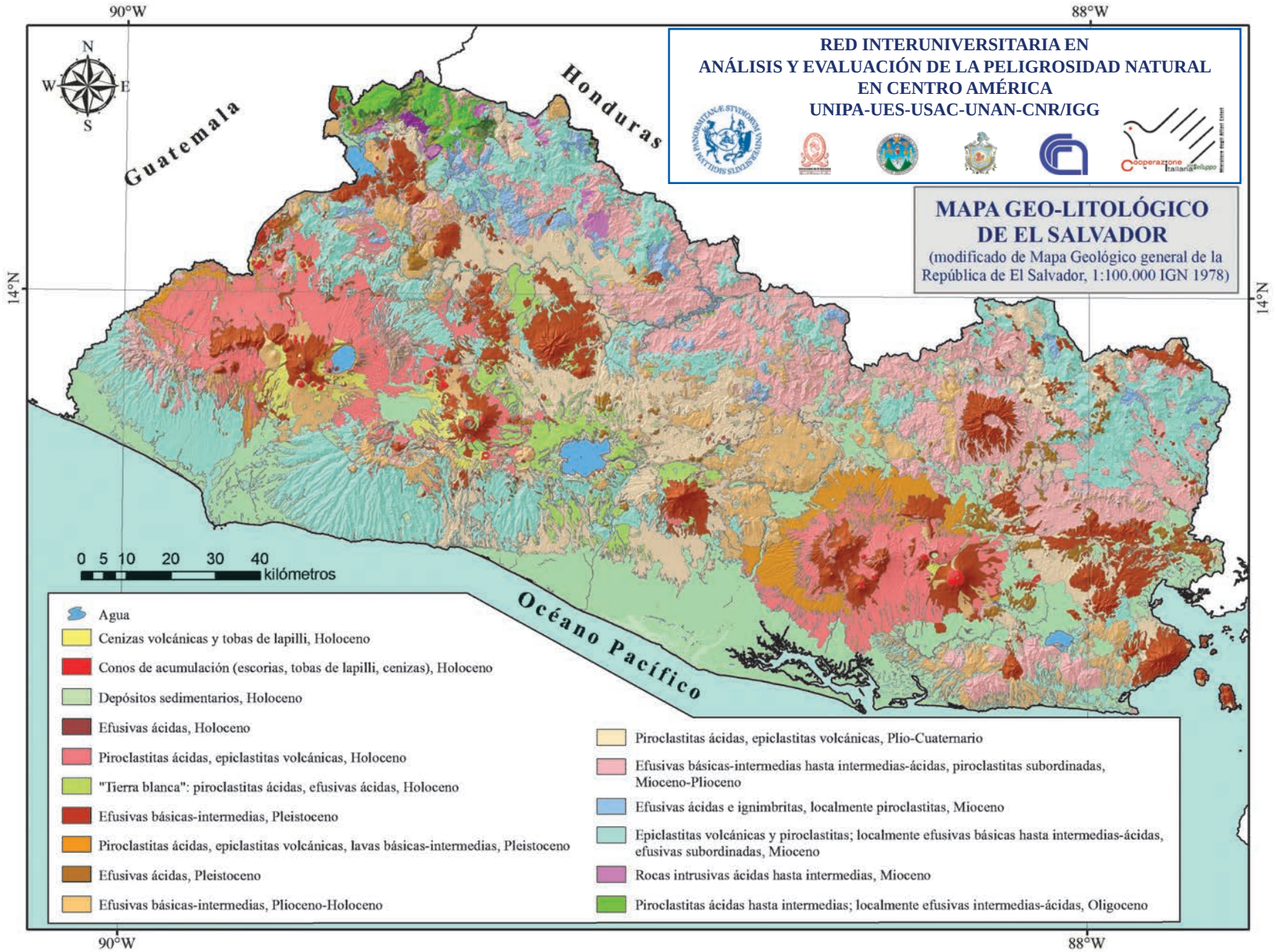


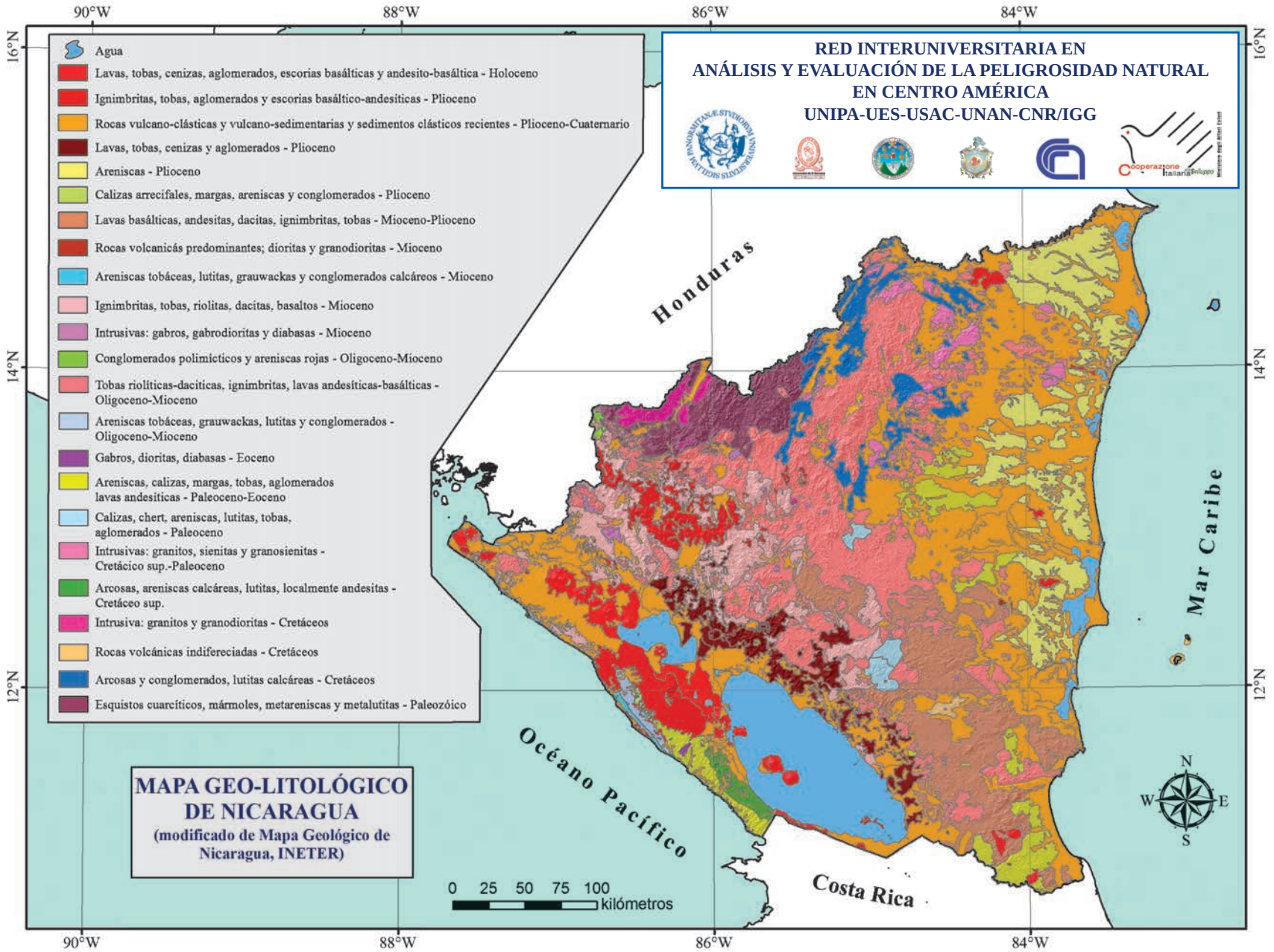
Fig. 2.36d - Brechas pomáceas claras que recubren aluviones recientes oscuros (Quetzaltenango, Guatemala)


RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG
MAPA GEO-LITOLÓGICO
DE GUATEMALA
(modificado de Mapa Geológico de la República de Guatemala, Instituto Geográfico Nacional, 1:500.000 Compilado por ICAITI, 1970)
92°W
90°W
88°W
86°W
18°N
16°N
14°N
N
S
W
E
México
Belice
Honduras
El Salvador
Océano Pacífico
0 1020 40 60 80
kilómetros
Agua
Aluviones cuaternarios
Rocas volcánicas. Incluye coladas de lava, material lahárico, tobas y edificios volcánicos - Cuaternario
Rellenos y cubiertas gruesas de cenizas pómez de orígen diverso - Cuaternario
Rocas volcánicas indiferenciadas. Incluye tobas, coladas de lava, material lahárico, y sedimentos volcánicos. Predominantemente Mio-Plioceno
Depósitas de yeso y marga (Formación Icaiché y parte del Grupo Petén) - Eoceno
Rocas predominantemente continentales (Formaciones Cayo, Armas, Herreria, Bacalar y White Marls) - Oligoceno-Terciario sup.
Calizas, capas rojas y conglomerados (Formaciones Río Dulce, Lacantún y Desempeño) - Oligoceno-Terciario sup.
Sedimentos marinos - Paleoceno-Eoceno
Arenariscas y siltitas rojas (capas rojas) con intercalaciones de conglomerados poligénicos (Formación Subinal) - Cretácico-Eoceno
Sedimentos clásticos marinos, areniscas, siltitas y arcillitas con intercalaciones de conglomerados y brechas (Formaciones Sepur, Toledo, Reforma y Cambio, y Grupo Verapaz) - Campaniano-Eoceno
Rocas plutónicas indiferenciadas. Incluye granitos y dioritas de edad mas antigua, Cretácico y Terciario
Rocas ultrabásicas y secuencias ofiolíticas, Jurásico-Cretácico
Rocas carbonáticas; incluye Cobán, Ixcoy, Campur, Sierra Madre y Grupo Yojoa, Neocomiano-Campaniano
Capas rojas (Formación Todos Santos, Formación San Ricardo) - Jurásico-Cretácico inf.
Rocas carbonáticas (Formación Chóchal), Pérmico
Rocas metamórficas: lutitas, areniscas, conglomerados y filitas (Grupo Santa Rosa, Formaciones Santa Rosa, Sacapulas, Tactic y Macal) - Carbonífero-Pérmico
Rocas metamórficas indiferenciadas (filitas, esquistos cloríticos y granatíferas, esquistos y gneisses de cuarzo-mica-feldespato, mármol y migmatitas), Paleozóico-Mesozóico

Mapa 2.II

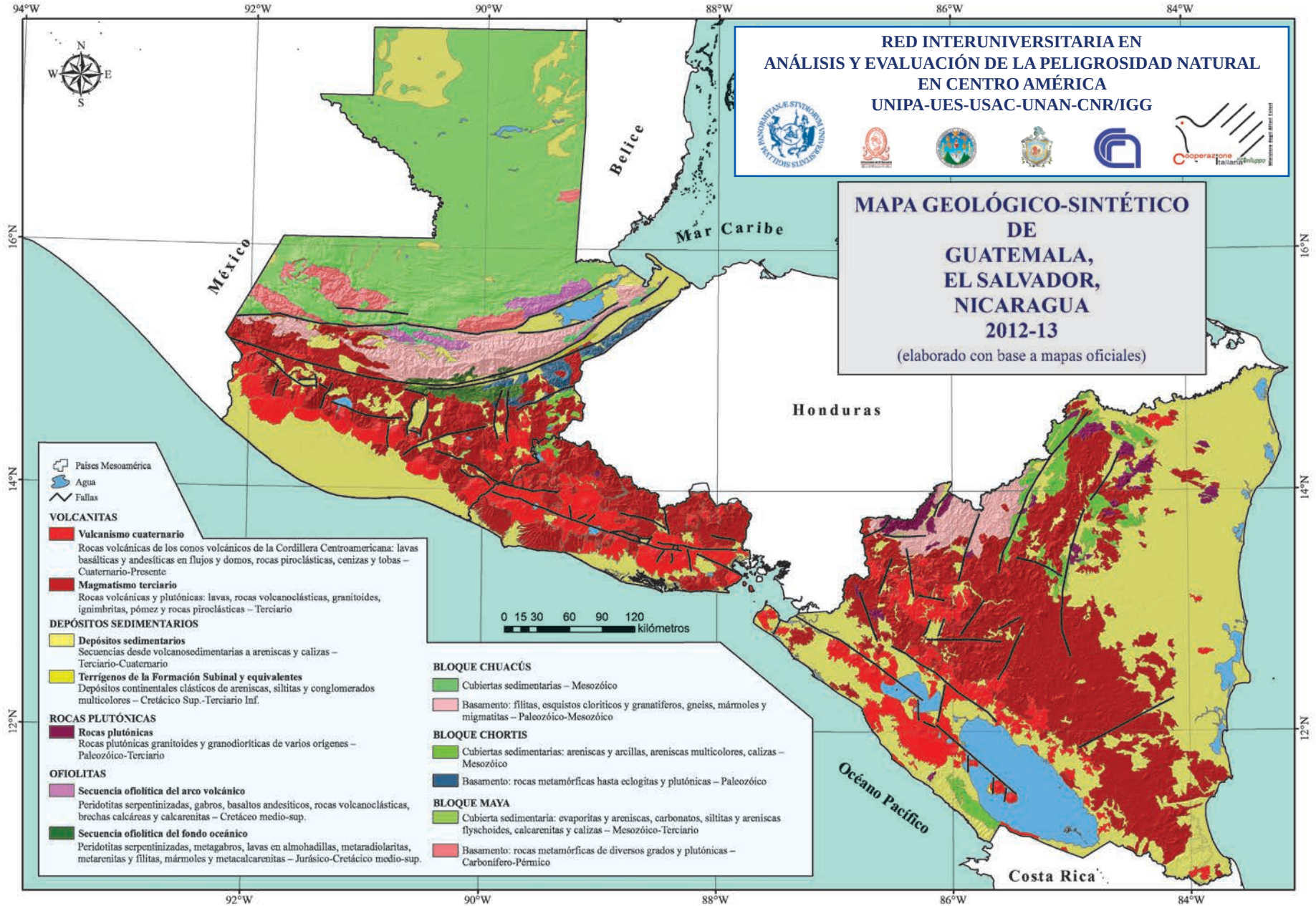
Mapa 2.III


90°W
88°W
14°N
N
W
E
S
Guatemala
Honduras
RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG
MAPA GEO-LITOLÓGICO
DE EL SALVADOR
(modificado de Mapa Geológico general de la
República de El Salvador, 1:100.000 IGN 1978)
0 5 10 20 30 40
kilómetros
Océano Pacífico
Agua
Cenizas volcánicas y tobas de lapilli, Holoceno
Conos de acumulación (escorias, tobas de lapilli, cenizas), Holoceno
Depósitos sedimentarios, Holoceno
Efusivas ácidas, Holoceno
Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, Holoceno
"Tierra blanca": piroclastitas ácidas, efusivas ácidas, Holoceno
Efusivas básicas-intermedias, Pleistoceno
Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, lavas básicas-intermedias, Pleistoceno
Efusivas ácidas, Pleistoceno
Efusivas básicas-intermedias, Plioceno-Holoceno
Piroclastitas ácidas, epiclastitas volcánicas, Plio-Cuaternario
Efusivas básicas-intermedias hasta intermedias-ácidas, piroclastitas subordinadas, Mioceno-Plioceno
Efusivas ácidas e ignimbritas, localmente piroclastitas, Mioceno
Epiclastitas volcánicas y piroclastitas; localmente efusivas básicas hasta intermedias-ácidas, efusivas subordinadas, Mioceno
Rocas intrusivas ácidas hasta intermedias, Mioceno
Piroclastitas ácidas hasta intermedias; localmente efusivas intermedias-ácidas, Oligoceno


RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG
Agua
Lavas, tobas, cenizas, aglomerados, escorias basálticas y andesito-basáltica - Holoceno
Ignimbritas, tobas, aglomerados y escorias basáltico-andesíticas - Plioceno
Rocas vulcano-clásticas y vulcano-sedimentarias y sedimentos clásticos recientes - Plioceno-Cuaternario
Lavas, tobas, cenizas y aglomerados - Plioceno
Areniscas - Plioceno
Calizas arrecifales, margas, areniscas y conglomerados - Plioceno
Lavas basálticas, andesitas, dacitas, ignimbritas, tobas - Mioceno-Plioceno
Rocas volcanicás predominantes; dioritas y granodioritas - Mioceno
Areniscas tobáceas, lutitas, grauwackas y conglomerados calcáreos - Mioceno
Ignimbritas, tobas, riolitas, dacitas, basaltos - Mioceno
Intrusivas: gabros, gabrodioritas y diabasas - Mioceno
Conglomerados polimícticos y areniscas rojas - Oligoceno-Mioceno
Tobas riolíticas-daciticas, ignimbritas, lavas andesíticas-basálticas - Oligoceno-Mioceno
Areniscas tobáceas, grauwackas, lutitas y conglomerados - Oligoceno-Mioceno
Gabros, dioritas, diabasas - Eoceno
Areniscas, calizas, margas, tobas, aglomerados lavas andesíticas - Paleoceno-Eoceno
Calizas, chert, areniscas, lutitas, tobas, aglomerados - Paleoceno
Intrusivas: granitos, sienitas y granosienitas - Cretácico sup.-Paleoceno
Arcosas, areniscas calcáreas, lutitas, localmente andesitas - Cretáceo sup.
Intrusiva: granitos y granodioritas - Cretáceos
Rocas volcánicas indifereciadas - Cretáceos
Arcosas y conglomerados, lutitas calcáreas - Cretáceos
Esquistos cuarcíticos, mármoles, metareniscas y metalutitas - Paleozóico
MAPA GEO-LITOLÓGICO
DE NICARAGUA
(modificado de Mapa Geológico de
Nicaragua, INETER)
Honduras
Mar Caribe
Océano Pacífico
Costa Rica
90°W
88°W
86°W
84°W
16°N
14°N
12°N
0 25 50 75 100
kilómetros
N
W
E
S

Mapa 2.IV

Mapa 2.V - Ver anexo 2



Capítulo 3

AMENAZA SÍSMICA

PERICOLOSITÀ SISMICA

3.1

Origen de los fenómenos sísmicos y su peligrosidad

Origine dei fenomeni sismici e pericolosità

Como se presentó en el capítulo "Tectónica de las placas", Centroamérica es un área tectónica compleja, localizada entre las Placas del Caribe, Norteamérica y de Cocos. Esta última subduce por debajo de la Placa del Caribe, a lo largo de las costas de Centroamérica y de México en el Pacífico.

Los movimientos entre tales placas son: a) de tipo transcurrente (movimiento lateral) en el límite entre la Placa de Norteamérica y la del Caribe, y b) de tipo convergente (subducción) en la frontera entre la Placa de Cocos y las del Caribe y de Norteamérica. Los movimientos relativos y las interacciones acumulan constantemente estrés a lo largo de los márgenes, dando pie a una intensa actividad sísmica que hace de Centroamérica una de las regiones sísmicamente más activas del mundo. La mayor parte de la sismicidad se concentra en los márgenes de las placas, con terremotos de magnitud elevada y con epicentros localizados sobre importantes estructuras tectónicas, como las fallas de Motagua, Polochic, Swan y la fosa Centroamericana (Fig. 3.1).

En términos generales, la sismicidad aparece caracterizada por tres distintos tipos de terremotos: el primer tipo, de potente energía y gran profundidad (h>60km), está estrechamente ligado al movimiento de subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa del Caribe; el segundo se distingue por terremotos de energía moderada e hipocentros más superficiales (25<h<60km), vinculados también a la Zona de Subducción y a la interfase entre las placas; el tercer tipo, de energía moderada e hipocentros superficiales (h≤25km) se relaciona esencialmente a la actividad tectónico-volcánica.

En particular, los terremotos más fuertes, con magnitud cercana a 8, se localizan en la Fosa de Centroamérica, situada en el Océano Pacífico paralela al plano de subducción Wadati-Benioff, con hipocentros de profundidad cercana hasta los 200 km. Las zonas entre placas, en cambio, se caracterizan por una sismicidad medio baja y dispersa.

Come illustrato nel capitolo "Tettonica delle placche", il Centro America è una complessa area tettonica, localizzata tra le Placche Caraibica, Nord Americana e di Cocos. Quest'ultima subduce al disotto della Placca Caraibica, lungo le coste del Centro America e lungo le coste messicane che si affacciano sul Pacifico.

I movimenti tra tali placche sono (a) di tipo trascorrente (movimento laterale) lungo il margine tra la Placca Nord Americana e quella Caraibica e (b) di tipo convergente (subduzione) lungo il margine tra la Placca di Cocos e quelle Caraibica e Nord Americana. I movimenti relativi e le interazioni tra le tre placche accumulano costantemente stress lungo i margini, originando una intensa attività sismica che rende il Centro America una tra le regioni sismicamente più attive del mondo. La maggior parte della sismicità risulta concentrata lungo i margini di placca, con terremoti di elevata magnitudo e con epicentri localizzati sulle importanti strutture tettoniche, come le faglie di Motagua, Polochic, Swan, e la fossa Centro Americana (Fig. 3.1).

In linea generale la sismicità risulta caratterizzata da tre distinti tipi di terremoti: il primo tipo, di forte energia e di elevata profondità (h>60km), è strettamente legato al movimento di subduzione della Placca di Cocos al disotto della Placca Caraibica; il secondo è caratterizzato da terremoti di energia moderata e ipocentri più superficiali (25<h<60km), legati ancora alla zona di subduzione ed all'interfaccia tra le zolle; il terzo tipo, di moderata energia ed ipocentri superficiali (h≤25km), è legato essenzialmente all'attività tettono-vulcanica.

In particolare, i terremoti più forti, con magnitudo prossima a 8, sono localizzati nella Fossa Centro Americana situata nell'Oceano Pacifico lungo il piano di subduzione Wadati-Benioff, e ipocentri fino ad una profondità di circa 200 km. Le zone intraplacca risultano invece caratterizzate da sismicità sparsa con profondità medio-bassa.

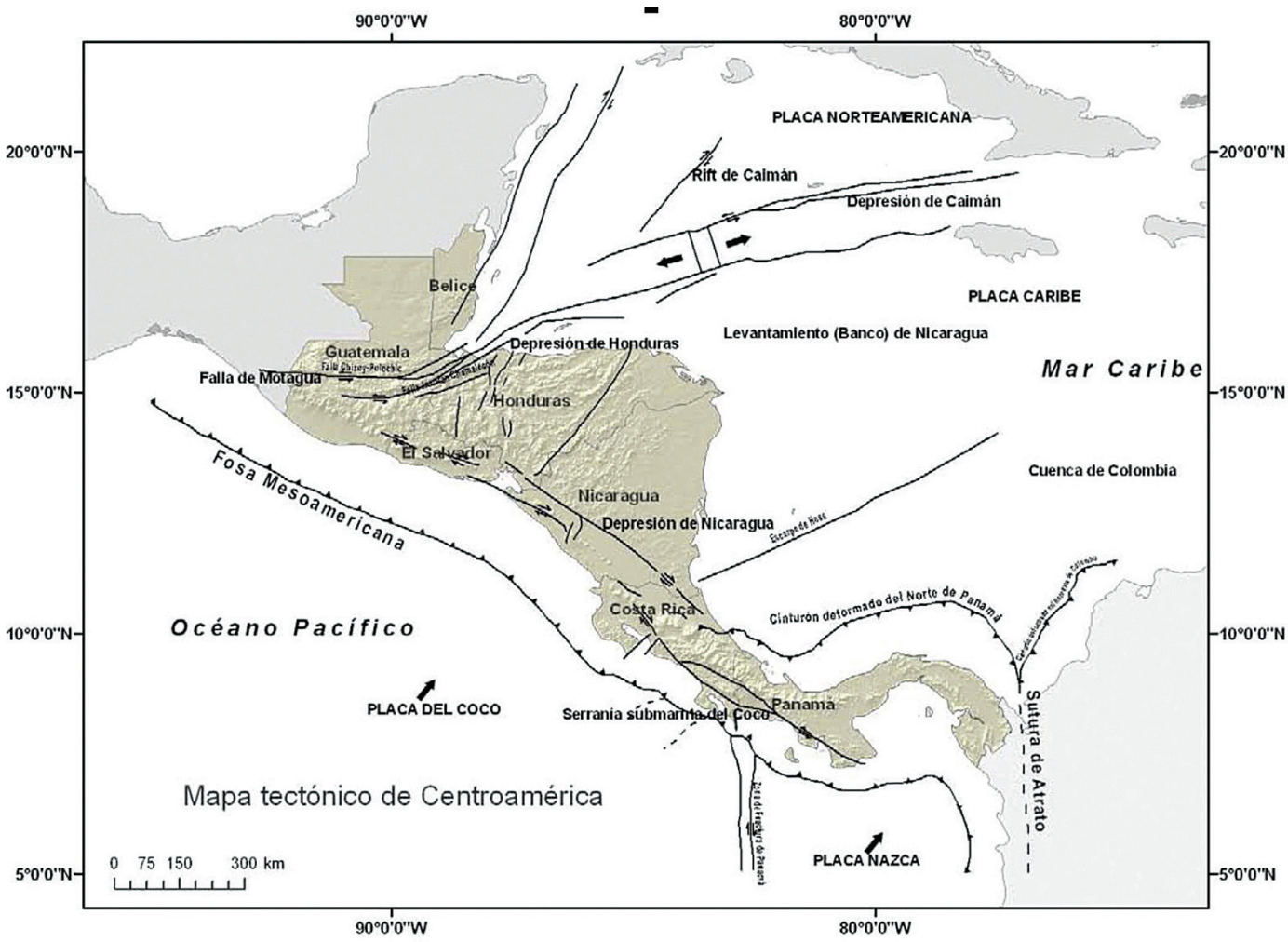


Fig. 3.1- Mapa tectónico simplificado de Centroamérica (Benito et al., 2008).

La mayor parte de los eventos sísmicos destructivos presentan hipocentros superficiales (dentro los 10 km) y de energía moderada, con magnitud variable, entre 5 y 6.5, y con mecanismos focales generalmente de tipo transcurrente.

Muchos de los terremotos destructivos que han afectado Centroamérica, no obstante presenten magnitudes y profundidades moderadas, causaron daños irreparables a las estructuras habitacionales y miles de víctimas. En los últimos decenios el evento más destructivo (Mw=7.6), asociado a la falla de Motagua causó en 1976 22,000 muertos en Guatemala; en 1972 en Managua perdieron la vida 10,000 personas a causa de un terremoto de magnitud Mw 6.2; en 2001 dos eventos de Mw 7.7 y de 6.6, a distancia de un mes el uno del otro, sacudieron a El Salvador causando la pérdida de 1,200 personas.

La maggior parte degli eventi sismici distruttivi presentano ipocentri superficiali (entro i 10 km), di moderata energia con magnitudo variabili tra 5 e 6.5 e meccanismi focali generalmente di tipo trascorrente.

Molti dei terremoti distruttivi che hanno interessato il Centro America, pur presentando magnitudo e profondità moderate, hanno causato danni irreparabili alle strutture abitative e migliaia di vittime. Negli ultimi decenni l'evento più distruttivo (Mw=7.6), associato alla faglia di Motagua causò nel 1976 22.000 morti in Guatemala; nel 1972 a Managua persero la vita 10.000 persone per un terremoto di magnitudo Mw 6.2; nel 2001 due eventi con Mw 7.7 e 6.6, a distanza di un mese l'uno dall'altro, scossero El Salvador, causando la perdita di 1.200 persone.

Al contrario, los eventos sísmicos con epicentro en la Zona de Subducción, con magnitudes y profundidades muy elevadas, produjeron a menudo daños de menor relevancia.

Partiendo de estos presupuestos, una evaluación de la peligrosidad sísmica de la región centroamericana debe tener muy en cuenta el origen de los fenómenos área por área, definiendo mejor las zonas sismogénicas, a modo de calibrar adecuadamente intervenciones eficaces para la reducción del riesgo sísmico.

3.1.1 Peligrosidad sísmica en Centroamérica

Los países de Centroamérica están ubicados en las Placas de Norteamérica, del Caribe y Cocos, donde el movimiento relativo entre las placas, estimado entre 2 y 9 cm/año, se ve acompañado por una elevada sismicidad superficial e intermedia-profunda (hasta los 200 km de profundidad). Durante los últimos 500 años, numerosos han sido los eventos destructivos localizados en las principales estructuras tectónicas activas presentes en Centroamérica. Algunos ejemplos históricos podrían ser los eventos sísmicos de 1902 y 1942, acaecidos en la Fosa de Centroamérica o incluso el terremoto de 1816 generado en la falla de Polochic-Motagua en Guatemala y el evento de 1856 a lo largo de la falla de Swan, de los cuales habría sido cuantificada la magnitud hasta un máximo de 8. El mapa de distribución de los epicentros evidencia una fuerte concentración de eventos sísmicos en el Pacífico, a lo largo de la Zona de Subducción, con desplazamiento paralelo a la costa, en particular en correspondencia con las costas de Guatemala y El Salvador; en la zona continental, en cambio, la distribución de la sismicidad resulta no espacialmente uniforme. (Fig. 3.2).

El estudio de la sismicidad histórica de Centroamérica ha evidenciado que en los últimos cien años se han verificado al menos unos cincuenta eventos sísmicos con magnitud (M) comprendida entre los 5.6 y los 8.0 grados (Ambraseys y Adams, 1996; Bommer y Rodíguez, 2002; USGS, 2012).

El cuadro 1 muestra los principales terremotos desde 1902 hasta 2001. En particular, además de las indicaciones relativas al tiempo, fecha del suceso, fueron incluidos algunos elementos característicos de los terremotos tales como: Origen, que indica el área fuente del evento sobre la base de la localización hipocentral, Nación, y diferentes valores de Magnitud, según Ambraseys y Adams (1996) y USGS (2012).

Al contrario, gli eventi sismici con epicentro nella zona di subduzione, caratterizzati da magnitudo e profondità molto elevate, hanno spesso prodotto danni di minore entità.

Partendo da questi presupposti, una valutazione della pericolosità sismica delle regioni centro americane deve tenere in debito conto l'origine dei fenomeni area per area, definendo meglio le zone sismogeniche, in modo da calibrare adeguatamente efficaci interventi di riduzione del rischio sismico.

3.1.1 Pericolosità sismica in Centro America

I paesi del Centro America sono ubicati nelle Placche Nord Americana, Caraibica e Cocos, dove il movimento relativo tra le placche, stimato da 2 a 9 cm/anno, è accompagnato da una elevata sismicità superficiale ed intermedia-profonda (fino a 200 km di profondità). Durante gli ultimi 500 anni numerosi sono stati gli eventi sismici distruttivi localizzati nelle principali strutture tettoniche attive presenti nel Centro America. Alcuni esempi storici sono rappresentati dagli eventi sismici del 1902 e 1942, avvenuti dal nella Fossa Centroamericana, o anche dal terremoto del 1816 generatosi lungo le faglie di Polochic-Motagua in Guatemala e dell'evento del 1856 lungo la faglia di Swan, dei quali sarebbero state valutate magnitudo fino ad un massimo di 8. La mappa della distribuzione degli epicentri evidenzia una forte concentrazione di eventi sismici nel Pacifico, lungo la zona di subduzione, con andamento parallelo alla costa, specie in corrispondenza delle coste del Guatemala e El Salvador; nella zona continentale, invece, la distribuzione della sismicità risulta non spazialmente uniforme (Fig. 3.2).

Lo studio della sismicità storica del Centro America ha evidenziato che negli ultimi cento anni si sono verificati a meno una cinquantina di eventi sismici con magnitudo (M) compresa tra 5.6 e 8.0 (Ambraseys e Adams, 1996; Bommer e Rodriguez, 2002; USGS, 2012).

La tabella 1 mostra i terremoti principali dal 1902 al 2012. In particolare, oltre alle indicazioni temporali (data di accadimento), sono stati inseriti alcuni elementi caratteristici dei terremoti quali: Origine, che indica l'area sorgente dell'evento sulla base della localizzazione ipocentrale, Nazione, e diversi valori di Magnitudo, secondo Ambraseys e Adams (1996) e USGS (2012).

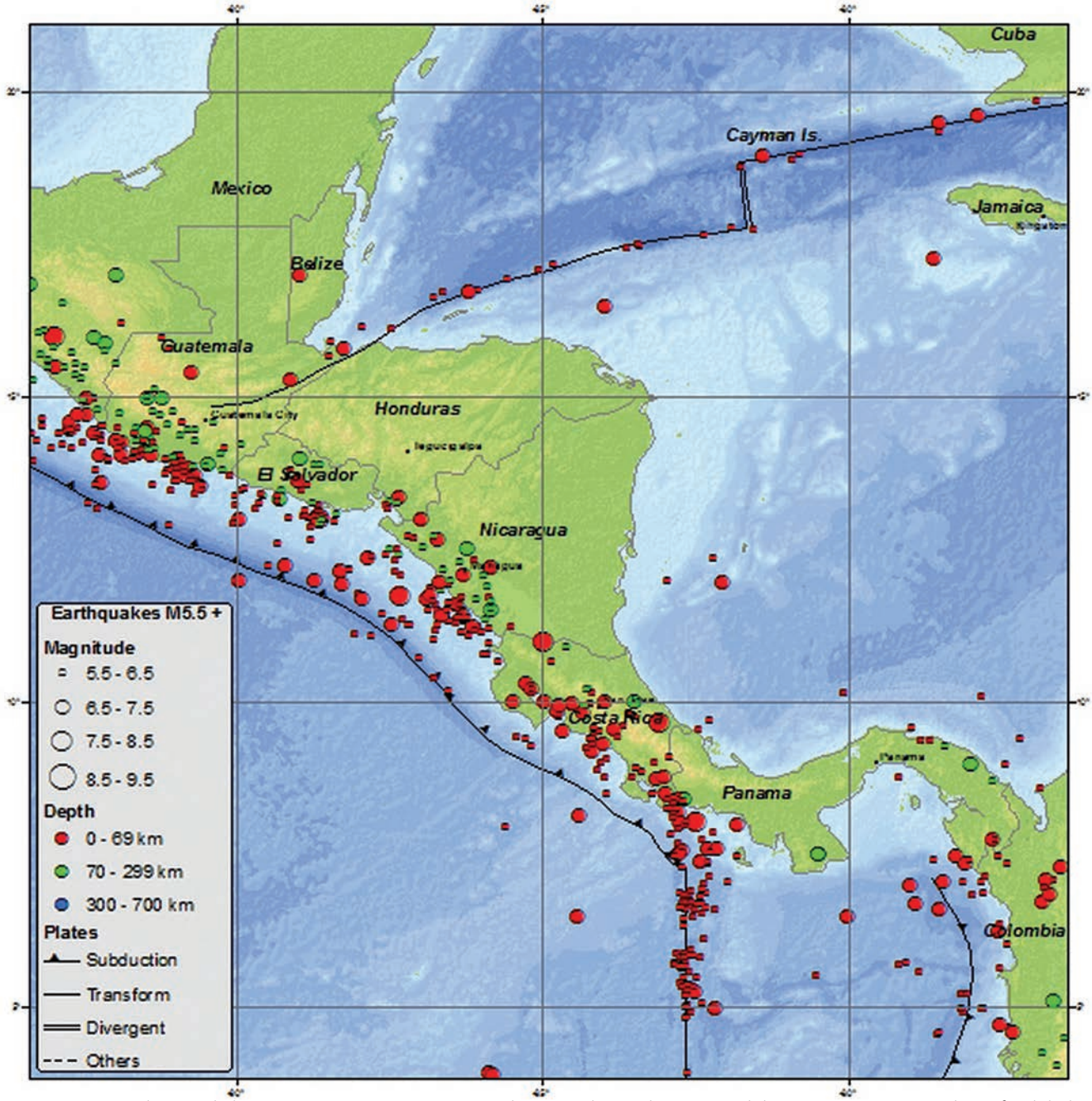


Fig. 3.2. Distribución de los eventos sísmicos con magnitud ≥4, por el periodo comprendido entre 1900 y 2012, y de profundidad relativa (USGS) , 2012

El complejo régimen tectónico de Centroamérica define un cuadro estructural reciente de extrema importancia sismológica, sobre todo en lo relativo a la definición de las áreas fuente, considerando la multiplicidad de situaciones sismo-tectónicas presentes en toda el área. En esta óptica, fueron identificadas zonas sismogenéticas que abarcan áreas con características tectónicas y sismológicas similares, por ejemplo, la distribución espacial de los eventos sísmicos, la profundidad de los hipocentros, los mecanismos de agrietamiento, la cinemática del sistema de fallas superficiales (fallas activas),

Il complesso regime tettonico del Centro America definisce un quadro strutturale recente di estremo interesse sismologico soprattutto per quanto riguarda la definizione delle aree sorgente, vista la molteplicità di situazioni sismo-tettoniche presenti in tutta l'area. In questa ottica sono state individuate zone sismogeniche che racchiudono aree con caratteristiche tettoniche e sismologiche simili, come ad esempio: la distribuzione spaziale degli eventi sismici, la profondità degli ipocentri, i meccanismi di rottura, la cinematica del sistema di faglie

Data	Origine	Nazione	Magnitudo		
			M_s	m_b	M_w
1902-04-19	UpperCrustal	GUATEMALA	7.05	–	7.5
20/12/1904	Crustal	PANAMA	6.08	7.7	6.8
29/08/1911	UpperCrustal	COSTA RICA	5.08	–	6.0
10/10/1911	UpperCrustal	COSTA RICA	6.05	6.3	6.6
06/06/1912	UpperCrustal	COSTA RICA	5.01	–	5.6
19/11/1912	Crustal?	MESSICO	7.00	–	–
02/10/1913	UpperCrustal	PANAMA	6.07	6.8	6.7
28/05/1914	Crustal	PANAMA	6.04	6.9	6.5
07/09/1915	Subduction	EL SALVADOR/GUATEMALA	7.07	7.5	7.8
27/02/1916	Lower Crust/sub	COSTA RICA/NICARAGUA	7.03	7.4	
26/04/1916	Crustal	PANAMA/COSTA RICA	6.09	6.8	6.9
26/12/1917	UpperCrustal	GUATEMALA	5.06	–	5.9
29/12/1917	UpperCrustal	GUATEMALA	5.02	–	5.6
28/04/1919	UpperCrustal	EL SALVADOR	5.09	–	6.1
04/01/1920	?	MESSICO	6.04	–	–
04/03/1924	UpperCrustal	COSTA RICA	7.00	6.6	7.0
15/01/1931	Crustal	MESSICO	7.08	–	7.7
31/03/1931	UpperCrustal	NICARAGUA	6.02	–	6.3
18/07/1934	Crustal	PANAMA/COSTA RICA	7.05	–	7.5
20/12/1936	UpperCrustal	EL SALVADOR	6.01	–	6.2
05/12/1941	Crustal	PANAMA/COSTA RICA	7.06	–	7.7
06/08/1942	Lower Crust/sub	GUATEMALA	7.09	–	7.9
10/08/1945	UpperCrustal	GUATEMALA	5.07	–	5.9
26/01/1947	Subduction	NICARAGUA/EL SALVADOR	6.07	–	7.1
05/10/1950	Lower Crust/sub	COSTA RICA	7.09	–	7.7
06/05/1951	UpperCrustal	EL SALVADOR	5.09	6.00	6.1
06/05/1951	UpperCrustal	EL SALVADOR	6.00	–	6.2
02/08/1951	UpperCrustal	NICARAGUA	5.08	–	6.0
03/08/1951	UpperCrustal	NICARAGUA	6.00	–	6.2
30/12/1952	UpperCrustal	COSTA RICA	5.09	–	6.1
01/09/1955	UpperCrustal	COSTA RICA	5.08	–	6.0
26/08/1959	Crustal	MESSICO	6.08	–	6.8
03/05/1965	UpperCrustal	EL SALVADOR	6.00	5.01	6.2
04/01/1968	UpperCrustal	NICARAGUA	–	4.06	–
23/12/1972	UpperCrustal	NICARAGUA	6.02	5.05	6.3

30/01/1973	Subduction	MESSICO	7.05	6.01	7.6
14/04/1973	UpperCrustal	COSTA RICA	6.05	5.07	6.6
06/03/1974	Subduction	NICARAGUA	–	5.07	–
13/07/1974	Crustal	PANAMA	7.03	6.04	7.1
04/02/1976	UpperCrustal	GUATEMALA	7.05	6.00	7.6
11/07/1976	Crustal	PANAMA	6.07	6.02	6.7
11/07/1976	UpperCrustal?	PANAMA	7.00	6.01	6.7
29/11/1978	Crustal	MESSICO	7.08	6.04	7.6
14/03/1979	UpperCrustal	MESSICO	7.06	6.03	7.5
19/06/1982	Subduction	EL SALVADOR	7.03	6.00	7.3
03/04/1983	Crustal	COSTA RICA/PANAMA	7.02	6.03	7.4
03/07/1983	UpperCrustal	COSTA RICA	6.01	5.07	6.3
10/10/1986	UpperCrustal	EL SALVADOR	5.04	5.00	5.7
25/03/1990	Crustal	COSTA RICA	7.00	5.08	7.0
25/03/1990	Crustal	COSTA RICA	7.01	6.02	7.3
03/06/1990	Crustal	COSTA RICA	5.01	5.02	5.5
23/07/1990	Crustal	COSTA RICA	5.01	5.02	5.5
22/04/1991	Crustal	COSTA RICA/PANAMA	7.06	6.03	7.6
18/09/1991	UpperCrustal	GUATEMALA	6.01	5.06	6.1
10/07/1993	Crustal	COSTA RICA	5.07	5.02	5.8
13/07/1993	Crustal	COSTA RICA	4.08	4.06	5.4
10/09/1993	Crustal	MESSICO	7.03	6.02	7.2
14/09/1993	Crustal	MESSICO	5.01	5.00	5.5
19/09/1993	Crustal	MESSICO	6.04	5.07	6.4
09/10/1995	Crustal	MESSICO	7.04	6.05	8.0
15/06/1999	Subduction	MESSICO	6.05	6.03	6.9
13/01/2001	Subduction	EL SALVADOR	7.06	–	7.7
19/09/2011	UpperCrustal	GUATEMALA			5.8
27/08/2012	Crustal	EL SALVADOR			7.3
27/09/2012	Subduction	GUATEMALA			4.5
05/09/2012	Crustal	COSTA RICA			7.6
05/10/2112	Subduction	NICARAGUA			4.4

Cuadro 1. Principales eventos sísmicos registradosen América Central de 1902 a 2012. En particular, además de las indicaciones de tiempo, fecha de ocurrencia, se incluyen algunos elementos característicos de los terremotos, tales como: Origen, que indica el origen tectónico del evento sobre la base de la localización hipocentral; Nación, y varios valores de Magnitud, según Ambraseys y Adams (1996) y NEIC-USGS. (2012).

etc. Según recientes estudios, la zonificación sísmica de Centroamérica comprende tres grandes áreas denominadas: a) zona de corteza, b) zona de interfase de subducción y de entre-placa, c) zona de subducción (Fig. 3.3).

En particular, la zona de corteza, que comprende la parte más superficial del plano de subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa del Caribe, en la Fosa Centroamericana y las zonas offshore y continentales, se caracteriza por eventos sísmicos con profundidad hipocentral comprendida entre 0 y 25 km y magnitudes comprendidas entre 6.0 y 8.0 grados, con mecanismos focales del tipo strike-slip(Fig. 3.4, 3.5 y Fig. 3.6a). La zona (b) de interfase de subducción y de entre-placa entre las dos placas involucradas resulta caracterizada por sismicidad intermedia, con profundidades hipocentrales comprendidas entre los 25 y los 60 km y magnitudes comprendidas entre 6.8 y 8.2 grados, con mecanismos focales de dos tipos, distensivo y comprensivo (Fig. 3.4, 3.5 y Fig. 3.6b). La zona c) de subducción entre placas (zona de slab) se caracteriza por sismicidad intermedia, con profundidades hipocentrales mayores de 60 km y magnitudes comprendidas entre 6.2 y 8.2 grados, con mecanismos focales de tipo comprensivo (thrust) a lo largo de la zona Wadati-Benioff, y de tipo extensional a lo largo de la Zona de Subducción y de Súper-subducción (Fig. 3.4, 3.5 y Fig. 3.6c).

superficiali (faglie attive), etc.. Secondo recenti studi, la zonazione sismica del Centro America racchiude tre grandi aree denominate (a) zona corticale o crostale, (b) zona di subduzione di interfaccia ed intraplacca, (c) zona di subduzione (Fig. 3.3).

In particolare la (a) zona corticale o crostale, che comprende anche la parte più superficiale del piano di subduzione della Placca di Cocos al di sotto della Placca Caraibica, nella Fossa Centroamericana, e le zone offshore e continentali, è caratterizzata da eventi sismici con profondità ipocentrali comprese tra 0 e 25 km e magnitudo comprese tra 6.0 e 8.0, con meccanismi focali del tipo strike-slip (Fig. 3.4, 3.5 y Fig. 3.6a). La zona (b) di subduzione di interfaccia ed intraplacca tra le due placche coinvolte risulta caratterizzata da sismicità intermedia, con profondità ipocentrali comprese tra 25 e 60 km e magnitudo comprese tra 6.8 e 8.2, con meccanismi focali di due tipi, distensivo e compressionale (Fig. 3.4, 3.5 y Fig. 3.6b). La zona (c) di subduzione intraplacche (zona di slab) risulta caratterizzata da sismicità intermedia, con profondità ipocentrali maggiori di 60 km e magnitudo comprese tra 6.2 e 8.2, con meccanismi focali di tipo compressionale (thrust) lungo la zona Wadati-Benioff, e di tipo estensionale lungo la zona di subduzione e di supra-subduzione (Fig. 3.4, 3.5 y Fig. 3.6c).

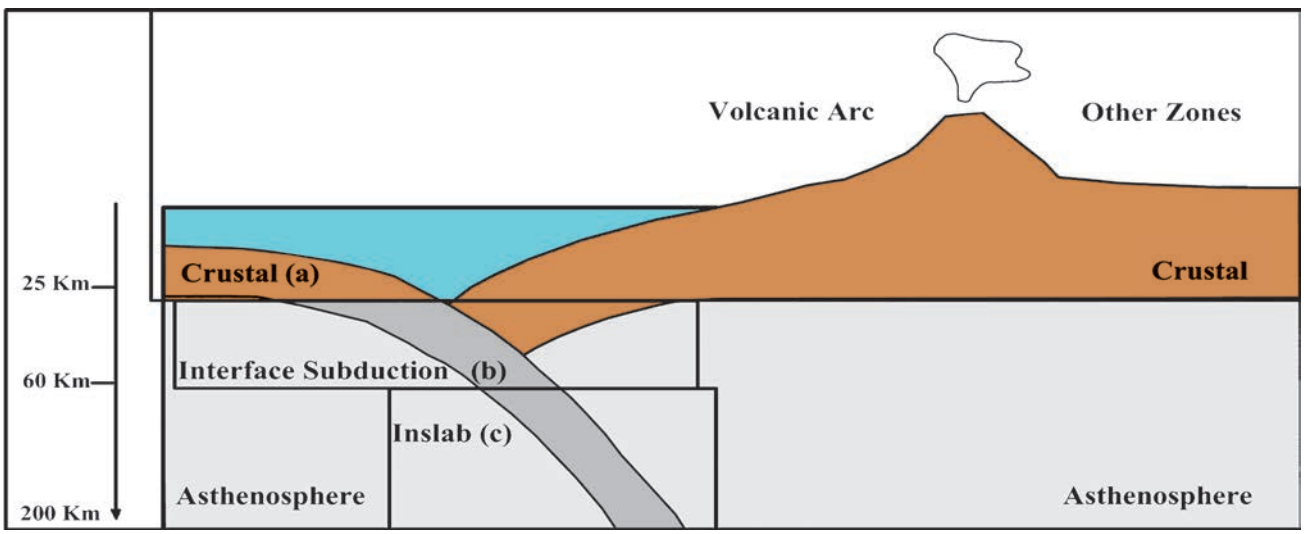
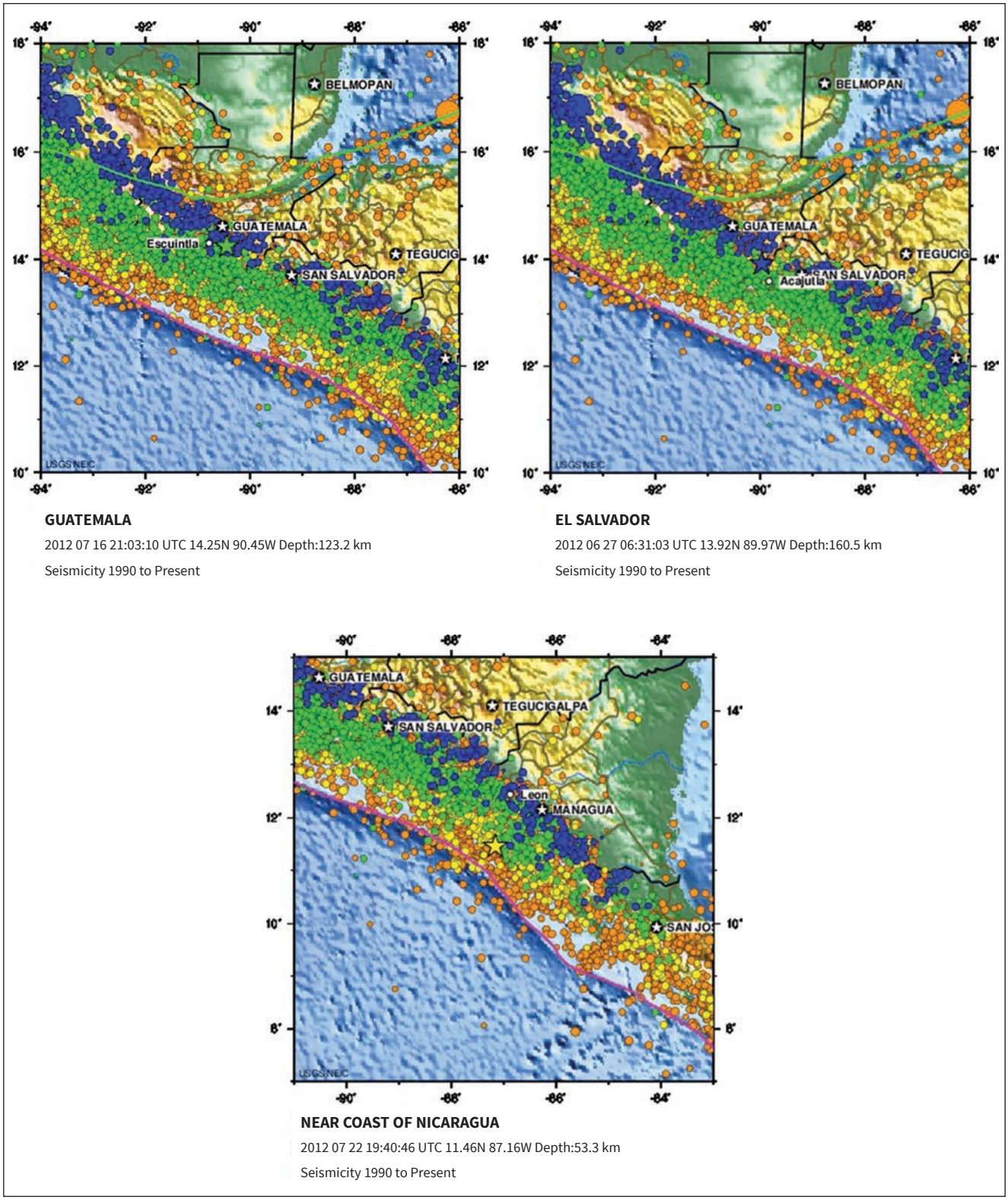


Fig. 3.3. Subdivisión de las zonas sismogénicas en función de las características tectónicas y sismológicas de Centroamérica (modificada desde Benito et al., 2012).



GUATEMALA

2012 07 16 21:03:10 UTC 14.25N 90.45W Depth:123.2 km

Seismicity 1990 to Present

EL SALVADOR

2012 06 27 06:31:03 UTC 13.92N 89.97W Depth:160.5 km

Seismicity 1990 to Present

NEAR COAST OF NICARAGUA

2012 07 22 19:40:46 UTC 11.46N 87.16W Depth:53.3 km

Seismicity 1990 to Present

Fig. 3.4. En la figura se reportan todos los eventos sísmicos de 1990 hasta hoy, para Guatemala, El Salvador y Nicaragua. Los colores evidencian la profundidad del hipocentro (anaranjado 0-33 km de profundidad; amarillo 33-70 km; verde 70-150 km; azul 150-300 km) (USGS).2012.

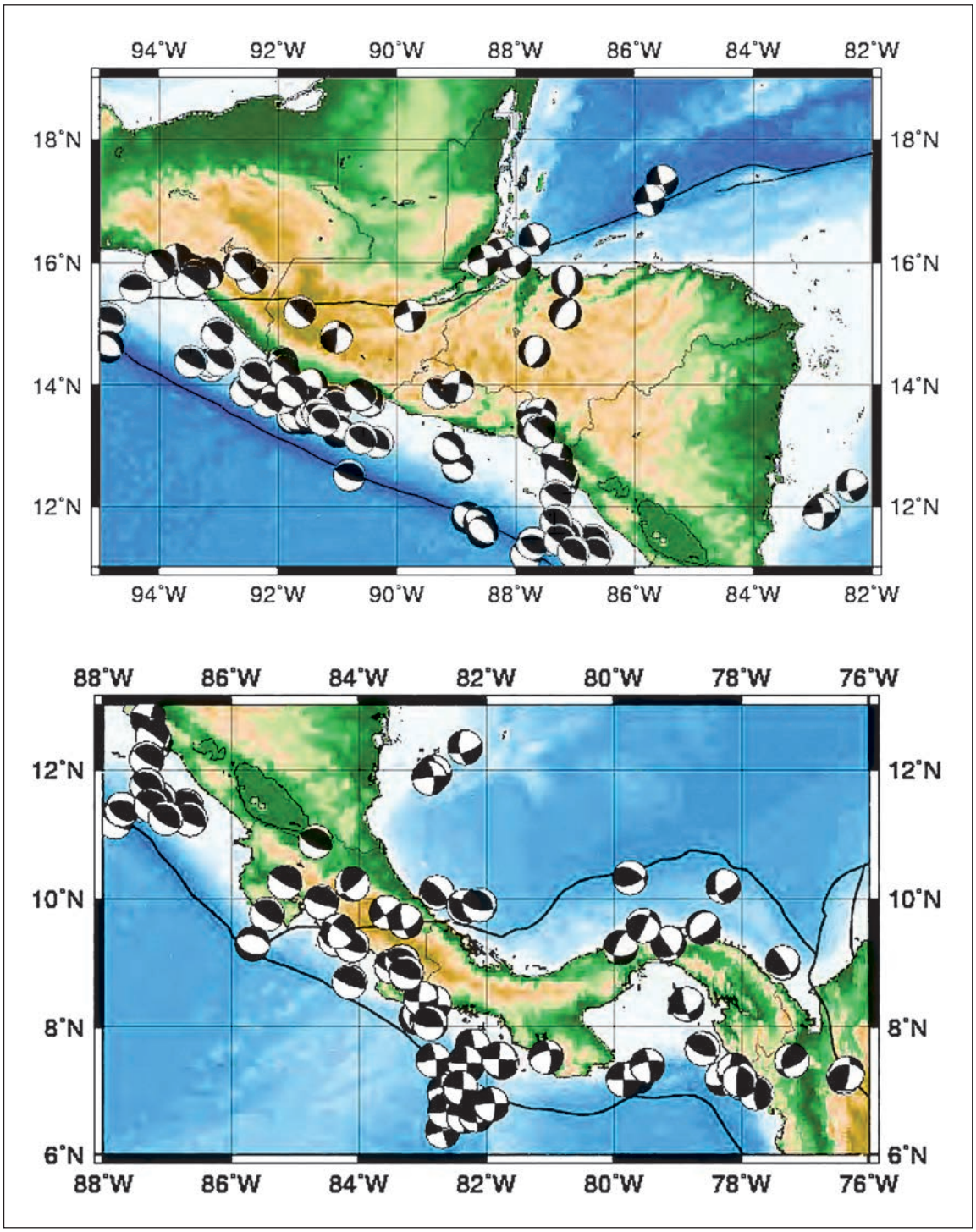


Fig. 3.5. Mecanismos focales de los eventos sísmicos con M≥6 registrados en Centro América de 1976 a 2008 (GLOBAL CMT, 2008).

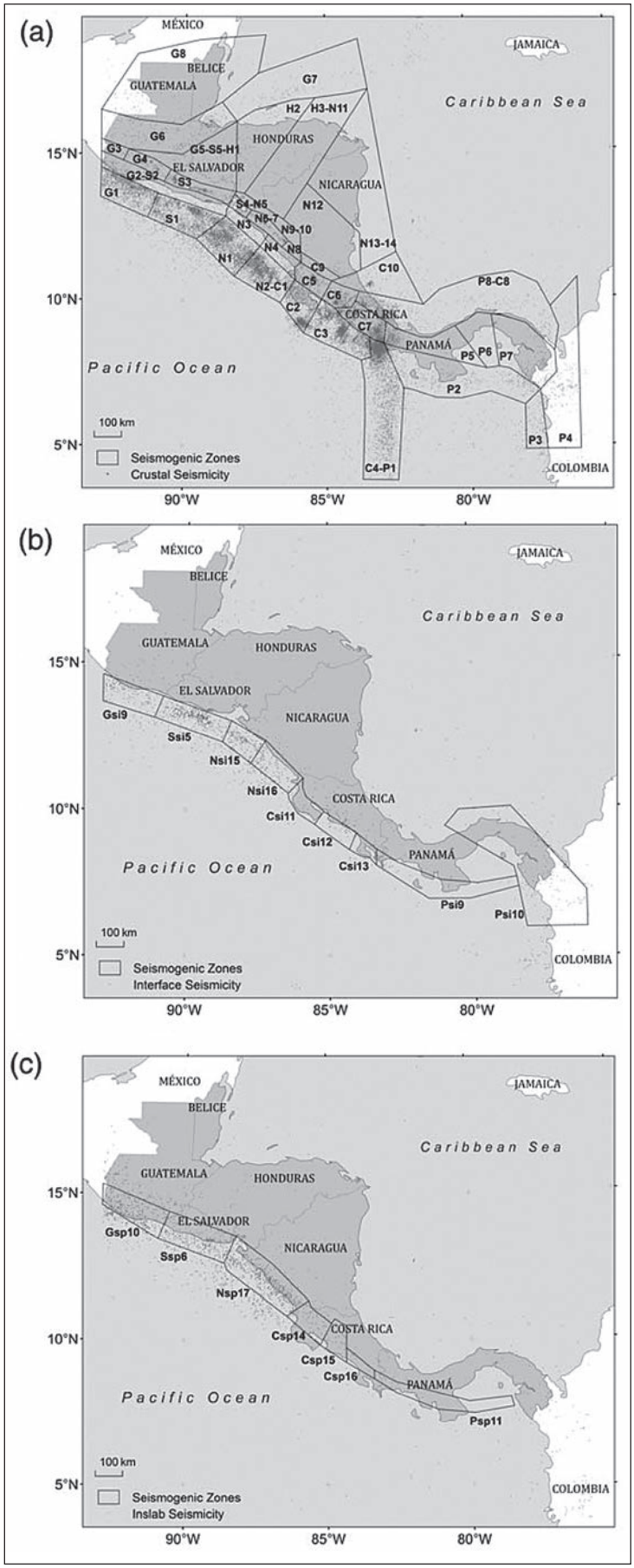


Fig. 3.6 – Zonificación sismogénica de América Central: a) zonas de corteza caracterizadas por sismicidad superficial; b) zonas de interfase de subducción y de entre-placa caracterizadas por sismicidad intermedia; c) zonas de subducción entre-placas (slab) caracterizadas por sismicidad profunda (Benito et al., 2012).

3.1.2 Peligrosidad sísmica en Guatemala, El Salvador y Nicaragua

Recientes modelos sismo-tectónicos de la región centroamericana han propuesto nuevas y más sofisticadas evaluaciones del hazard sísmico, basándose esencialmente en la revisión de los datos sismo-tectónicos, en la distribución de la sismicidad, de los mecanismos focales y de las observaciones GPS. La evaluación del hazard sísmico fue obtenida mediante el acercamiento probabilístico PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis).

El análisis probabilístico de la peligrosidad sísmica es, de hecho, una de las técnicas mayormente utilizadas para evaluar el impacto de los terremotos que suceden en diferentes zonas sismogénicas. En modo muy esquemático, el análisis probabilístico se obtiene a través de la identificación de las zonas sismogénicas y/o de las fallas individuales, el cálculo de las tasas de recurrencia, la relación entre la distribución de los terremotos en función de la magnitud y del tiempo (relación de Gutenberg y Richter) para las zonas sismogénicas, la aplicación de modelos empíricos predictivos para los parámetros del movimiento, como Peak Ground Acceleration (PGA) y Spectral Acceleration (SA(T)), Peak Ground Velocity (PGV) y la distribución de las fallas activas.

El resultado del análisis PSHA para la mayoría de sitios centroamericanos está representado por una curva de hazard que provee los valores de la aceleración de pico, en función de la probabilidad de superación en un periodo de tiempo asignado. En particular, para América Central se han obtenido las curvas de probabilidad por Benito et al. (2012), (Fig. 3.7): El conjunto de los datos analizados se traduce en mapas de peligrosidad sísmica calculados sobre la base de períodos de retorno de 500, 1000 y 2500 años (Fig. 3.8).

Los mapas de peligrosidad sísmica muestran valores máximos esperados de PGA para todos los períodos de retorno considerados, ya sea en la zona de fallas de Panamá como en la parte meridional de Guatemala y en algunas zonas de la cordillera volcánica. Las isolíneas resultan más bien paralelas al recorrido de la costa y los valores di PGA decrecen hacia la parte continental. Los valores máximos esperados de PGA resultan, respectivamente, de 600 cm/s^2 para período de retorno

3.1.2 Hazard sismico in Guatemala, El Salvador e Nicaragua

Recenti modelli sismotettonici della regione centroamericana hanno proposto nuove e più sofisticate valutazioni dell'Hazard sismico, basandosi essenzialmente sulla revisione dei dati sismo-tettonici, sulla distribuzione della sismicità, dei meccanismi focali e delle osservazioni GPS. La valutazione dell'hazard sismico è stata ottenuta mediante l'approccio probabilistico PSHA (Probabilistic Seismic Hazard Analysis).

L'analisi probabilistica della pericolosità sismica è, infatti, una delle tecniche maggiormente utilizzate per valutare l'impatto dei terremoti che avvengono in diverse zone sismogeniche. In modo molto schematico, l'analisi probabilistica si ottiene attraverso l'individuazione delle zone sismogeniche e/o delle singole faglie, la stima dei tassi di ricorrenza, la relazione tra la distribuzione dei terremoti in funzione della magnitudo e del tempo (relazione di Gutenberg e Richter) per le zone sismogeniche, l'applicazione dei modelli empirici predittivi per i parametri del moto, quali Peak Ground Acceleration (PGA) e Spectral Accelerations (SA(T)), Peak Ground Velocity (PGV) e la distribuzione delle faglie attive.

Il risultato dell'analisi PSHA per i maggiori siti centroamericani, è rappresentato da una curva di hazard che fornisce i valori dell'accelerazione di picco, in funzione della probabilità di superamento in un periodo di tempo assegnato. In particolare, per il Centro America sono state ottenute le curve di probabilità di Benito et al. (2012), (Fig. 3.7): L'insieme dei dati analizzati si traduce in mappe di pericolosità sismica calcolate sulla base di periodi di ritorno di 500, 1000 e 2.500 anni (Fig. 3.8).

Le mappe di pericolosità sismica mostrano valori massimi attesi di PGA per tutti i periodi di ritorno considerati, sia nella zona della frattura di Panama, sia nella parte meridionale del Guatemala ed in alcune zone della cordigliera vulcanica. Le isolinee risultano piuttosto parallele all'andamento della costa ed i valori di PGA decrescono verso la parte continentale. I valori massimi attesi di PGA risultano rispettivamente di 600 cm/s^2 per periodi di ritorno di 500 anni, nel canale di Panama, e 500 cm/s^2 lungo la cordigliera vulcanica che si estende dal Guatemala al Nicaragua; 700 cm/s^2 per periodi di ritorno di 1.000 anni, 850 cm/s^2 per periodi ritorno di 2.500 anni.

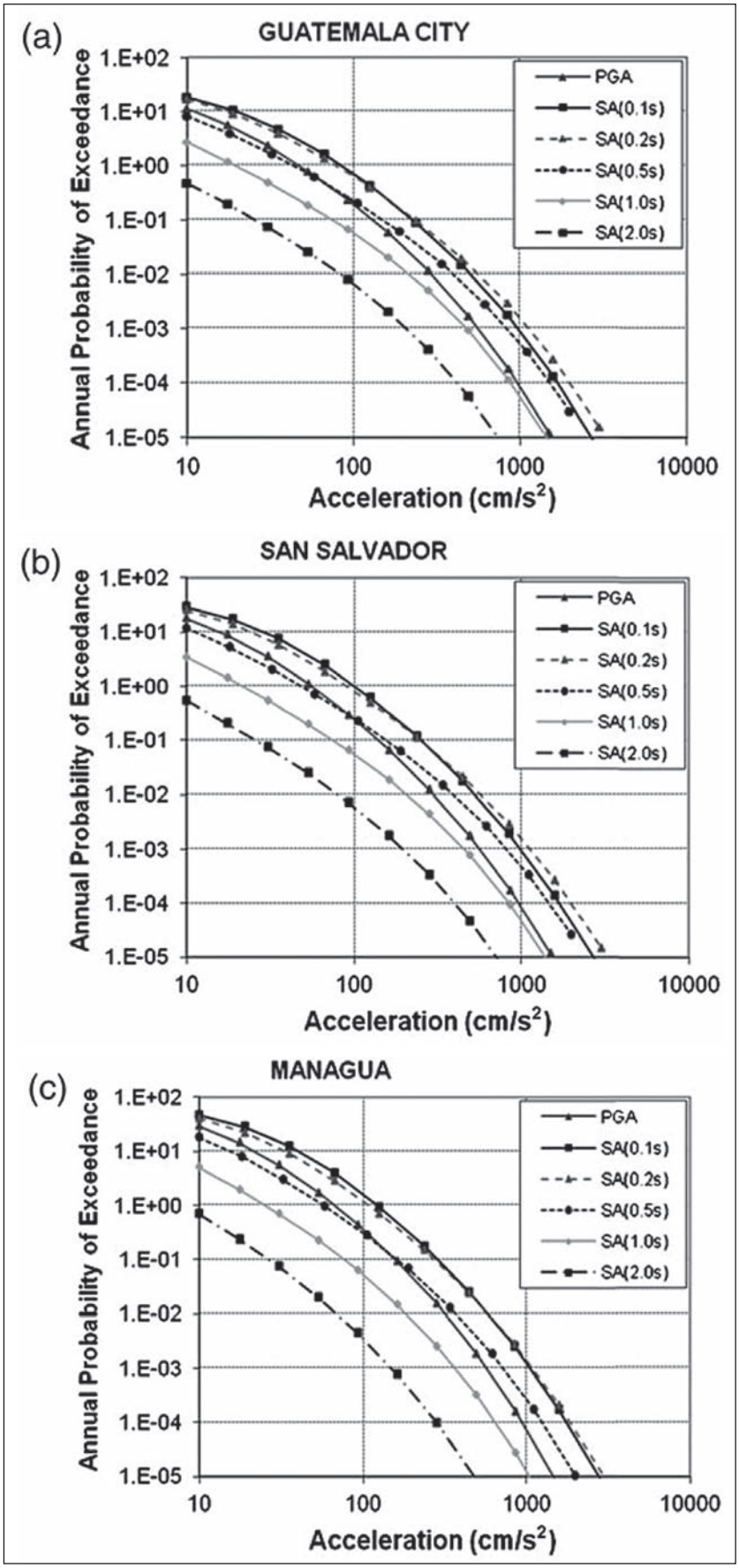


Fig.3.7 - Curvas de Peak Ground Acceleration (PGA) y Spectral Acceleration (SA) en función del tiempo (T), relativas a localidades de la Ciudad de Guatemala (a), de San Salvador (b) y de Managua (c). En la figura se ilustran las probabilidades de excedencia para los escenarios hipotizados en el arco de 50 años, en función ya sea de los valores de PGA ya sea de los valores de la SA (T) así como se indica arriba a la derecha, en la figura, o bien Aceleración de Espectro comprendida entre 0,1- 2.0 s (Benito et al., 2012).

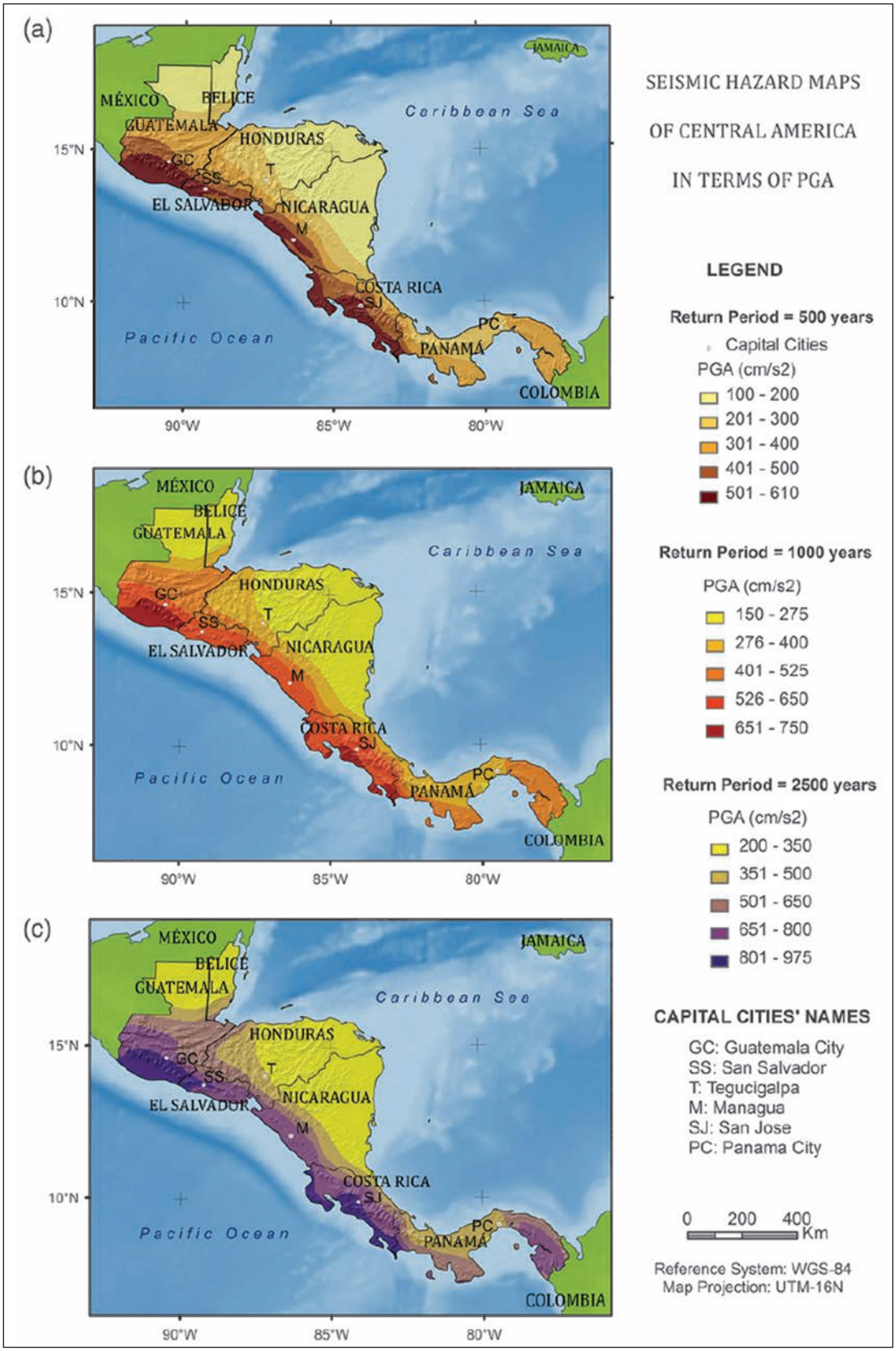


Fig. 3.8. Mapa del hazard sísmico de América Central. PGA obtenido por periodos de retorno (a) 500 años; (b) 1.000 años y (c) 2.500 años. En particular, de la figura es posible observar que los valores máximos esperados de PGA resultan respectivamente de 600 cm/s^2 para periodos retorno de 500 años, en el Canal de Panamá, y 500 cm/s^2 a lo largo de la cordillera volcánica que se extiende desde Guatemala hasta Nicaragua; 700 cm/s^2 para periodos de retorno de 1.000 años, 850 cm/s^2 para periodos de retorno de 2.500 años. Para los tres periodos de retorno considerados, los valores de PGA resultan más elevados a lo largo de la franja costera pacífica, con un gradual decremento de los valores hacia las zonas más internas, continentales. (Benito et al., 2012).

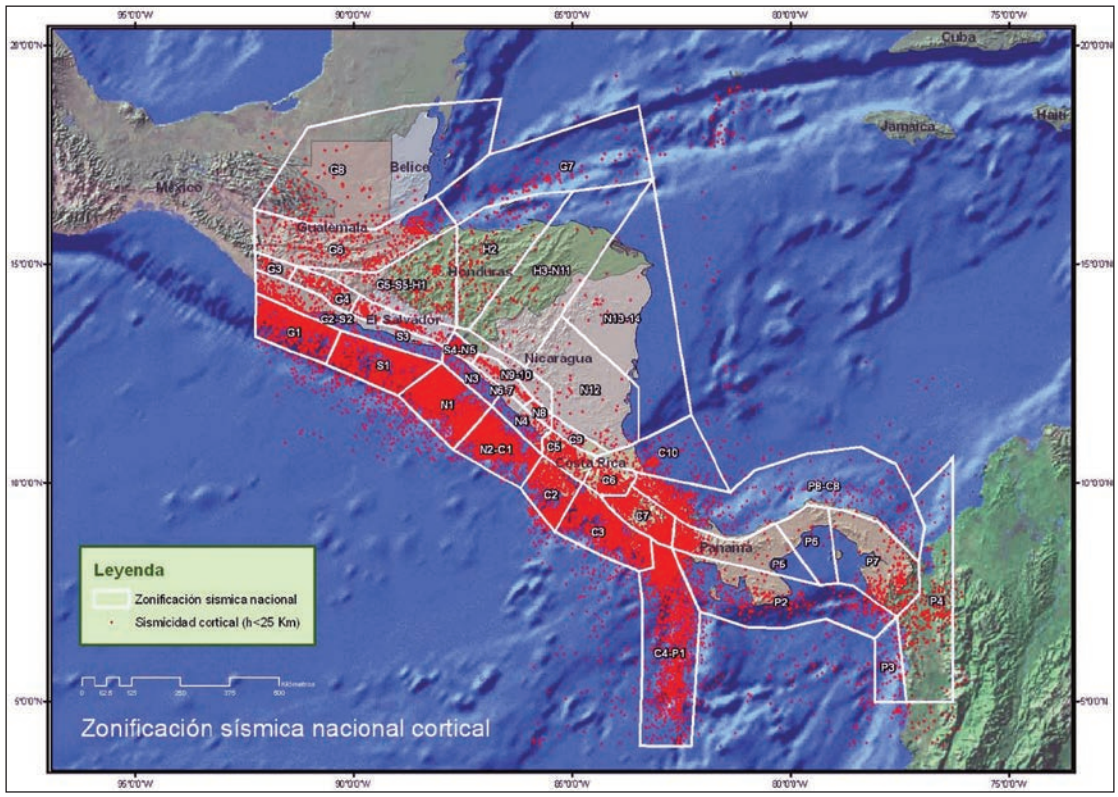


Fig. 3.9 – Zonificación sísmica de Guatemala, El Salvador y Nicaragua. Identificación de las zonas sismogénicas a gran escala para la zona de corteza (Molina et al., 2008).

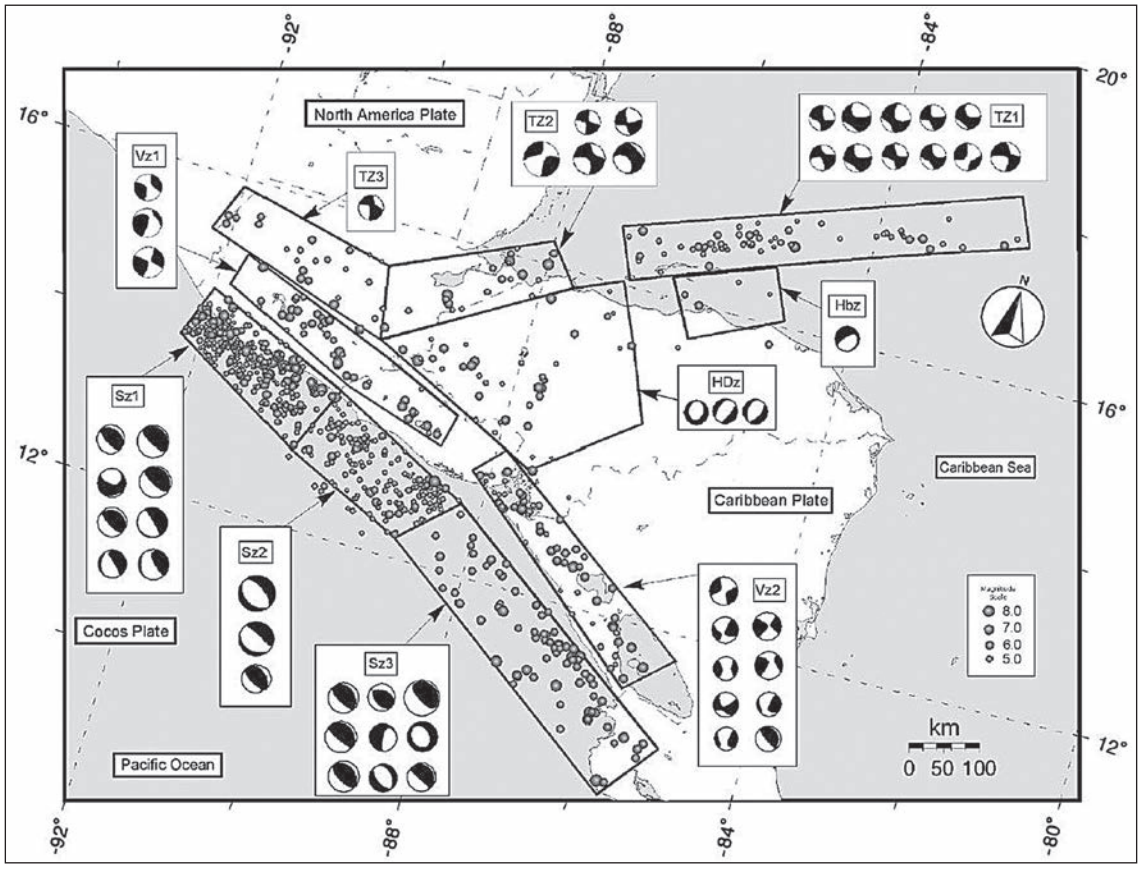


Fig. 3.10. Mapa sismo-tectónico de Centro América. Ubicación de las zonas sismo-tectónicas con indicación de los mecanismos focales de eventos seleccionados con Magnitud ≥ 5.5 (Cáceres et al., 2005).

de 500 años, en el Canal de Panamá, de 500 cm/s^2 a lo largo de la cordillera volcánica que se extiende desde Guatemala hasta Nicaragua; 700 cm/s^2 para períodos de retorno de 1000 años, 850 cm/s^2 para períodos de retorno de 2500 años.

Estudios ulteriores sobre la zonificación sismogenética fueron dirigidos por Molina et al. (2008), (Fig. 3.9) el cual substancialmente identifica zonas sismogénicas para todo el territorio centroamericano, sobre la base de tres principales elementos tectónicos, atribuibles a la zona de corteza, a la zona de subducción e interfase y a la zona de subducción o slab (Fig. 3.9; 3.11; 3.12). Sobre tal zonificación se basan los estudios realizados por Benito et al. (2012).

Cáceres et al. (2005) proponen una zonificación sismogénica basada esencialmente sobre la distribución de la sismicidad en relación con las características peculiares de cada terremoto y en particular, los mecanismos focales, la profundidad del hipocentro y los valores de magnitud. En esta óptica, los citados identifican diez zonas sismogenéticas que afectan la frontera entre la Placa de Norteamérica y la del Caribe, el confín entre la Placa de Cocos y la del Caribe, la Cadena Volcánica y la Depresión de Honduras. (Fig. 3.10).

Come già detto, ulteriori studi sulla zonazione sismogenetica sono stati condotti da Molina et al. (2008), (Fig. 3.9) che sostanzialmente individua zone sismogeniche per tutto il territorio centroamericano, sulla base di tre principali elementi tettonici, riconducibili alla zona crostale, alla zona di subduzione ed interfaccia ed alla zona di subduzione o slab (Figg. 3.9, 3.11, 3.12). Su tale zonazione si basano gli studi realizzati da Benito et al. (2012).

Caceres et al. (2005) propongono una zonazione sismogenica basata essenzialmente sulla distribuzione della sismicità in relazione alle caratteristiche peculiari di ciascun terremoto, ed in particolare i meccanismi focali, la profondità dell'ipocentro ed i valori di magnitudo. In quest'ottica individuano dieci zone sismogeniche che interessano il confine tra la Placca Nordamericana e la Placca Caraibica, il confine tra la Placca di Cocos e la Placca Caraibica, la Catena Vulcanica, la Depressione dell' Honduras (Fig.3.10).

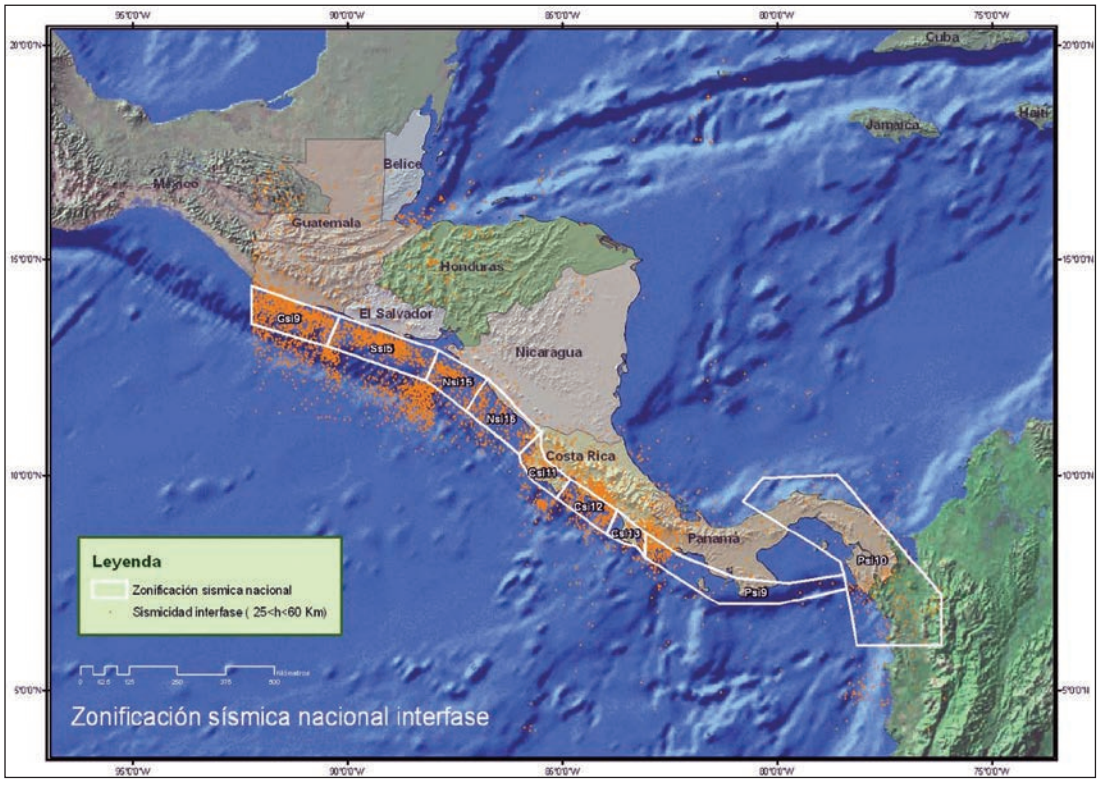


Fig. 3.11- Zonificación sísmica de Guatemala, El Salvador y Nicaragua. Identificación de las zonas sismogénicas a gran escala para la zona de interfase y subducción (Molina et al., 2008).

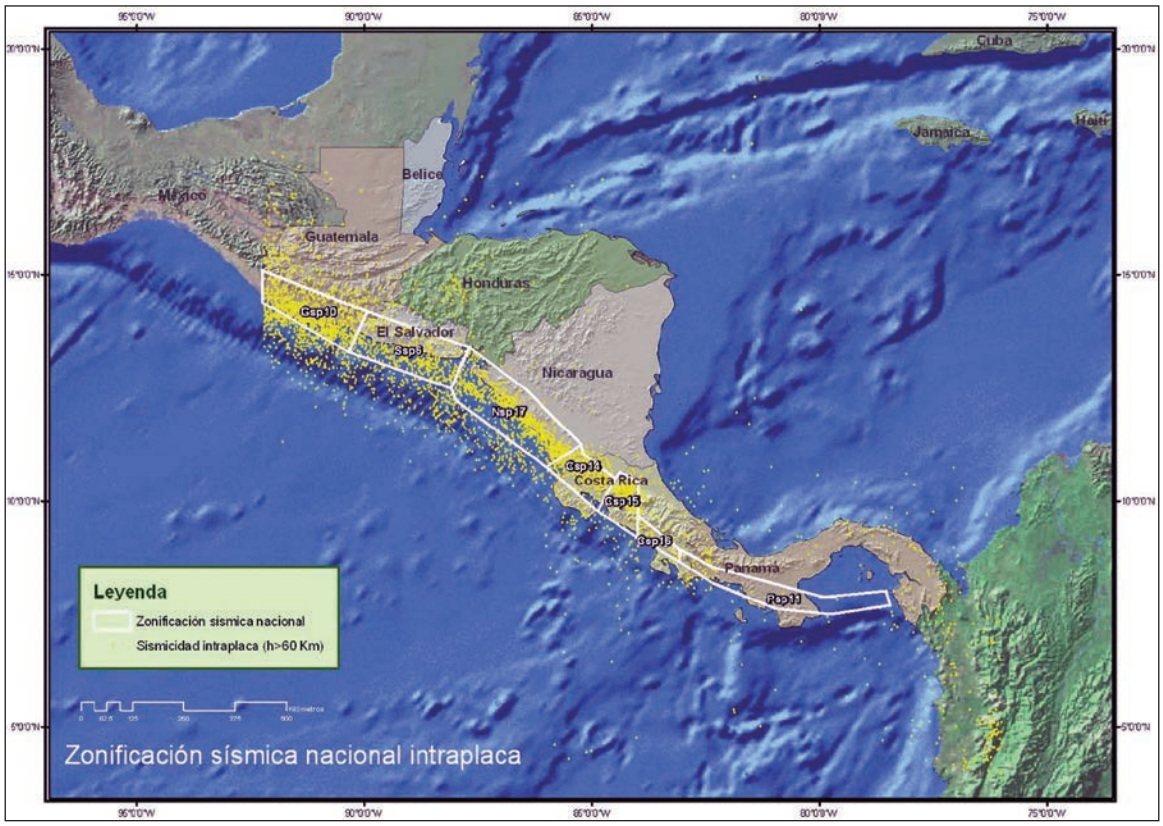


Fig. 3.12. Zonificación sísmica de Guatemala, El Salvador y Nicaragua. Identificación de las zonas sismogénicas a gran escala para la zona de subducción (slab), (Molina et al., 2008).

3.1.3 Peligrosidad sísmica en Guatemala

El territorio de Guatemala está ubicado en la zona de interacción de las placas tectónicas Norteamericana, de Cocos y del Caribe. En tal contexto, la peligrosidad sísmica del territorio está estrechamente vinculada con las dinámicas específicas de los márgenes de las tres placas.

En el Cuadro 2 se presentan los principales eventos sísmicos que han golpeado Guatemala (Fig. 3.13); de estos, especialmente catastróficos fueron los eventos de 1902 (M=7.5 grados), 1942 (M=7.9 grados) y 1976 (M=7.6), no solo por el elevado número de víctimas, sino también por los efectos primarios y secundarios producidos sobre el ambiente natural.

El terremoto de 1902 provocó extensos procesos de laderas y agrietamientos en el suelo del área epicentral, el curso de los ríos Ixtacapa y Naranjo fueron obstruidos por procesos gravitacionales con la consiguiente destrucción de las plantaciones cercanas de café, otros deslizamientos y derrumbes se verificaron a lo

3.1.3 Pericolosità sismica in Guatemala

Il territorio del Guatemala è ubicato nella zona di interazione delle placche tettoniche Nordamericana, Cocos e Caraibica. In tale contesto la pericolosità sismica del territorio è strettamente connessa alle specifiche dinamiche dei margini delle tre placche.

Nella Tabella 2 sono riportati i principali eventi sismici che hanno colpito il Guatemala (Fig. 3.13); di questi particolarmente catastrofici risultano gli eventi del 1902 (M=7.5), 1942 (M=7.9), e 1976 (M=7.6), non solo per l'elevato numero di vittime, ma anche per gli effetti primari e secondari indotti sull'ambiente naturale.

Il terremoto del 1902 innescò estesi fenomeni franosi e fratture al suolo nell'area epicentrale; i corsi dei fiumi Ixtacapa e Naranjo furono ostruiti da fenomeni gravitativi, con la conseguente distruzione delle circostanti piantagioni di caffè, altri franamenti si verificarono lungo

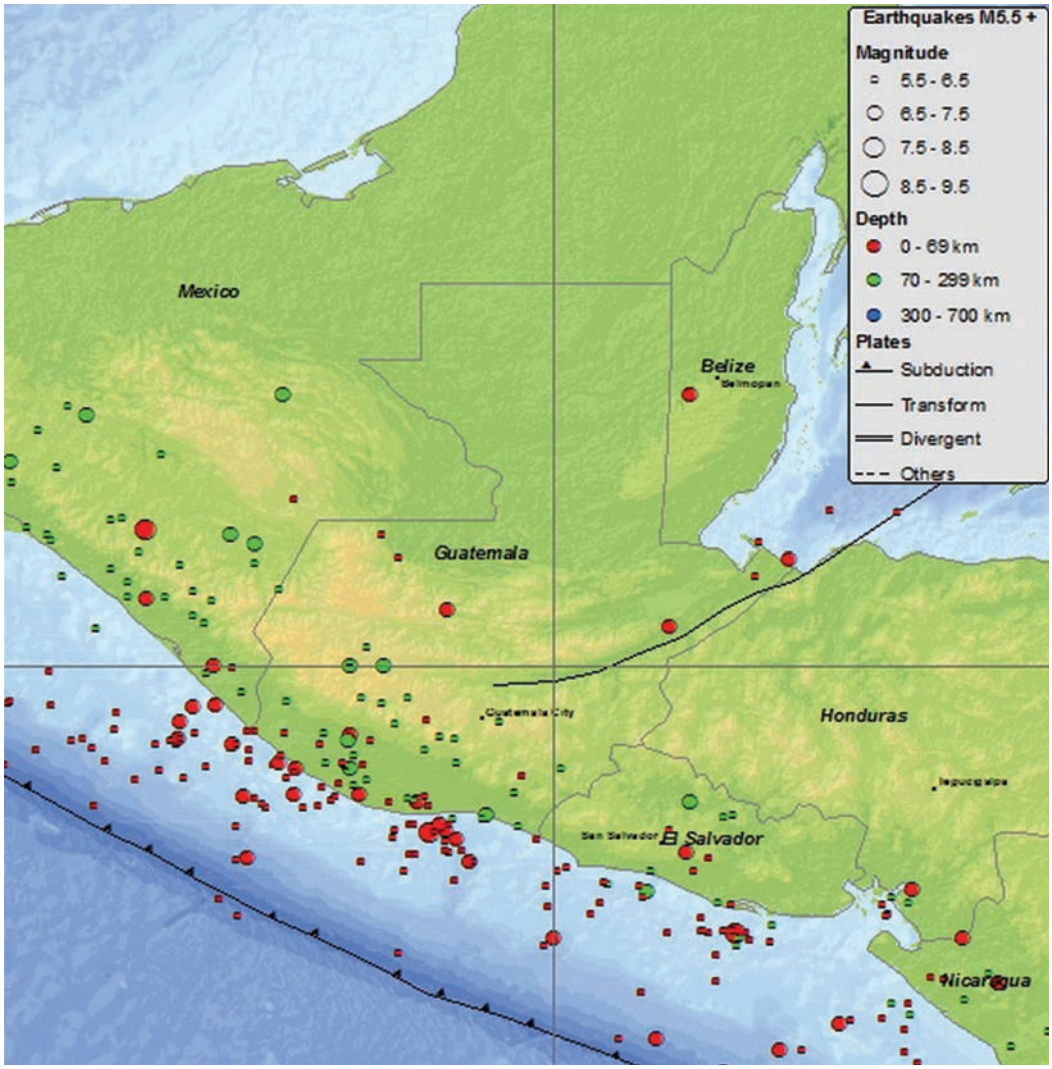


Fig. 3.13. Distribución de los eventos sísmicos que han golpeado Guatemala de 1900 a la actualidad, con M> 5 y profundidades hipocentrales relativas (USGS, 2012). En la figura, la ubicación de la falla de Motagua (línea en negro) es aproximada.

largo las pendientes de los volcanes Tajumulco, Agua y Cerro Quemado (Ambraseys e Adams, 1996; Bommer e Rodríguez, 2002). También luego del terremoto 1942 se dieron procesos de ladera destructivos sobre todo en la zona centro-occidental de Guatemala con la obstrucción de las vías de comunicación primarias y secundarias.

Finalmente, como consecuencia del terremoto de 1976 se dieron espectaculares procesos sismo-inducidos, tanto primarios, por ejemplo las fallas superficiales, como secundarios, por ejemplo los deslizamientos, corrimientos, licuefacción y lateral spreading. El terremoto fue asociado a la reactivación de la falla transcurrente izquierda de Motagua, con 230 km de longitud, que produjo un desplazamiento máximo horizontal de 325 cm y la reactivación de numerosas fallas secundarias directas.

le pendici dei vulcani Tajumulco, Agua e Cerro Quemado (Ambraseys e Adams, 1996; Bommer e Rodriguez, 2002). Anche a seguito del terremoto del 1942 si verificarono fenomeni franosi distruttivi soprattutto nella zona centro-occidentale del Guatemala, con l'ostruzione delle vie di comunicazione primarie e secondarie.

Infine, a seguito del catastrofico terremoto del 1976, si innescarono spettacolari fenomeni sismoindotti, sia primari, come la fagliazione superficiale, sia secondari, come frane, liquefazioni e lateral spreading. Il terremoto fu associato alla riattivazione della faglia trascorrente sinistra di Motagua, lunga 230 km, che produsse uno spostamento massimo orizzontale di 325 cm, e la riattivazione di numerose faglie secondarie dirette.

Se observaron, además, extensos procesos gravitacionales que obstruyeron el curso de ríos y las vías de comunicación. Procesos de licuefacción y de lateral spreading se verificaron en el valle de Motagua y en la línea costera del Caribe de Guatemala y Honduras, y en El Salvador no lejos del lago Ilopango (Bonilla 1976; Ambraseys e Adams, 1996; Bommer y Rodríguez, 2002).

En una primera zonificación sismo-tectónica de Centro América propuesta por Cáceres et al. (2005) se evidencia la distribución de la sismicidad en el territorio guatemalteco, identificado con las zonas sismogénicas Vz1 y Sz1 con valores de magnitud a partir de 6.5 (Fig. 3.10).

El territorio de Guatemala entra en el ámbito de las ya citadas tres zonas sismogénicas regionales características de Centro América: la zona sismogénica de corteza, de interfase y subducción y de subducción (slab) (Fig. 3.6 a, b, c). En tales zonas han sido identificadas ulteriores subzonas, de carácter estrictamente local, en continuidad con los elementos estructurales principales presentes en la región (Benito et al., 2012).

En particular en la zona sismogénica de la corteza (Fig. 3.6 a), caracterizada por eventos con hipocentro comprendidos dentro de los 25 km de profundidad, se reconocen las siguientes subzonas (Fig. 3.9):

- Guatemala Pacífico Central (G1). Comprende la parte superficial de la subducción entre la Fosa Centroamericana y la línea costera. Los eventos sísmicos que caracterizan la zona sismogénica presentan mecanismos focales de tipo normal (falla

Si osservarono, inoltre, estesi fenomeni franosi che ostruirono il corso dei fiumi e le vie di comunicazione. Fenomeni di liquefazione e di lateral spreading si verificarono nella valle di Motagua e lungo la costa caraibica del Guatemala e dell'Honduras, e in El Salvador non lontano dal lago Ilopango (Bonilla 1976; Ambraseys e Adams, 1996; Bommer e Rodriguez, 2002).

In una prima zonazione sismotettonica del Centro America proposta da Caceres et al. (2005) si evidenzia la distribuzione della sismicità nel territorio guatemalteco, identificato con le zone sismogeniche Vz1 e Sz1 con valori di magnitudo a partire da 6.5 (Fig. 3.10).

Il territorio del Guatemala ricade nell'ambito delle già citate tre zone sismogeniche regionali caratterizzanti il Centro America: la zona sismogenica crostale, di interfaccia e subduzione, e di subduzione (slab) (Fig. 3.6 a, b, c). In tali zone sono state individuate ulteriori subzone, a carattere strettamente locale, in continuità con gli elementi strutturali principali presenti nella regione (Benito et al., 2012).

In particolare nella zona sismogenica crostale (Fig. 3.6 a), caratterizzata da eventi con ipocentri compresi entro i 25 km di profondità, si riconoscono le seguenti subzone (Fig. 3.9):

- *Guatemala Pacifico Centrale (G1). Comprende la parte superficiale della subduzione tra la Fossa Centroamericana e la linea di costa. Gli eventi sismici che caratterizzano la zona sismogenica*

FECHA	MAGNITUD	FECHA	MAGNITUD
1902-04-19	7.5	1950-23-10	7.2
1915-09-07	7.8	1953-17-11	7.1
1917-12-26	5.9	1970-29-04	7.3
1917-12-29	5.6	1976-02-04	7.6
1921-04-02	7.5	1991-09-18	6.1
1929-24-01	7.0	1993-09-10	7.3
1935-14-12	7.3	2001-09-19	5.8
1942-08-06	7.9	2007-13-07	6.7
1945-08-10	5.9	2011-09-19	5.8

Cuadro 2. Principales eventos sísmicos registrados en Guatemala y en el off-shore de 1902 a 2011 (Bommer y Rodríguez, 2002; NEIC-USGS, 2012).

directa). El evento más fuerte acaecido en esta franja sismogénica es el de 1902 (Mw 7.4) que afectó la parte suroccidental de Guatemala.

- Guatemala - El Salvador Antearco (G2-S2). Comprende la franja costera de Guatemala y de El Salvador, además de la cordillera volcánica que se extiende paralelamente a la costa en el territorio guatemalteco. La sismicidad se presenta con baja energía y epicentros esparcidos. Históricamente, no se conocen terremotos de medio-alta energía que hayan causado daños en estas áreas.

- Arco Volcánico Noroccidental (G3). La pequeña zona sismogenética, de una longitud aproximada de 40 km, incluye el Arco Volcánico comprendido entre el volcán Tacaná (frontera con México) y el volcán Atitlán.

- Arco Volcánico Oriental (G4). Esta sección de Arco Volcánico se caracteriza por una intensa actividad sísmica, con eventos de magnitud de moderada a alta (Mw 6.9) y eventos de tipo enjambre sísmico. El evento de mayor energía fue registrado en 1930, en la parte suroriental de Guatemala.

- Polochic-Motagua Oeste (G6). La zona sismogénica se caracteriza por importantes elementos tectónicos con matices de transcurrencia izquierda, con sentido Oeste-Este, asociados a las zonas de deformación a lo largo del margen entre las placas Norteamericana y del Caribe. En particular, el sistema de fallas Chixoy-Polochic, Motagua y Jocotán-Chamelcon y el sistema de fallas secundario a él asociado son responsables de la sismicidad presente en el área.

- Swan Noreste (G7). La zona sismogénica correspondiente a la falla de las islas de Swan, caracteriza la continuación hacia el oriente del límite de las placas Norteamericana y del Caribe, con un desplazamiento comprendido entre 1.3 - 20 mm/a obtenido por medidas geo-morfológicas o bien de 9 - 34 mm/a según un modelo de tectónica global.

- Guatemala del Norte (G8). La zona sismogenética comprende el norte de Guatemala y la región de Belice. Se caracteriza por una baja sismicidad y muy dispersa.

presentano meccanismi focali di tipo normale (faglia diretta). L'evento più forte avvenuto in questa fascia sismogenica è quello del 1902 (Mw 7.4) che interessò la parte sud-occidentale del Guatemala.

- *Guatemala - El Salvador Avanarco (G2-S2). Comprende la fascia costiera del Guatemala e di El Salvador, oltre alla cordigliera vulcanica che si estende parallelamente alla costa nel territorio guatemalteco. La sismicità si presenta di bassa energia con epicentri sparsi. Storicamente, non si conoscono terremoti di medio-alta energia che abbiano causato danni in queste aree.*

- *Arco Vulcanico Nord-Occidentale (G3). La piccola zona sismogenetica, della lunghezza di circa 40 km, include l' Arco Vulcanico compreso tra il vulcano Tacaná (confine con il Messico) ed il vulcano Atitlán.*

- *Arco Vulcanico Orientale (G4). Questa sezione di Arco Vulcanico è caratterizzata da intensa attività sismica, con eventi di magnitudo da moderata ad alta (Mw 6.9), ed eventi a sciame sismico. L'evento di maggiore energia fu registrato nel 1930, nella parte sud-orientale del Guatemala.*

- *Polochic-Motagua Ovest (G6). La zona sismogenica è caratterizzata da importanti elementi tettonici con caratteri di trascorrenza sinistra, ad andamento Ovest-Est, associati alle zone di deformazione lungo il margine tra le placche Nordamericana e Caraibica. In particolare il sistema di faglie Chixoy-Polochic, Motagua e Jocotan-Chamelcon, ed il sistema di faglie secondario ad esso associato, sono responsabili della sismicità presente nell'area.*

- *Swan Nord-Est (G7). La zona sismogenica corrispondente alla faglia delle isole di Swan, caratterizza il proseguimento verso oriente del limite delle placche Nord Americana e Caraibica, con uno spostamento compreso tra 1.3 - 20 mm/a ricavato da misure geo-morfologiche, ovvero da 9 - 34 mm/a secondo un modello di tettonica globale.*

- *Guatemala del Nord (G8). La zona sismogenica comprende il Nord del Guatemala e la regione del Belize,; è caratterizzata da bassa sismicità e molto dispersa.*

Para las zonas sismogénicas localizadas en áreas de subducción de interfase e intraplaca(Fig. 3.6 b), caracterizadas por sismicidad intermedia (25-60 km de profundidad), fue identificada el área (Fig. 3.11):

- Guatemala Intraplaca (GSI9). Tal zona sismogénica se caracteriza por mecanismos focales de tipo inverso (compresionales), hipocentros localizados entre los 25 y los 60 km de profundidad en la zona de subducción, que presenta un ángulo de pendencia de aproximadamente 30°. El evento de mayor energía (M= 7.7) golpeó el Altiplano de Guatemala en 1942.

Como zona sismogénica localizada en áreas de subducción (slab) e intraplacas (Fig. 3.6 c), fue identificada el área (Fig. 3.12):

- Guatemala Intraplacas (GSP10). La zona sismogénica comprende la zona de subducción con profundidad mayor de 60 km y pendencia de 60°. Los terremotos más profundos alcanzan incluso los 250 km de profundidad. Se trata generalmente de eventos con mecanismo focal de tipo normal (extensional). El evento de mayor energía (Mw 7.6) fue localizado en El Salvador en 2001.

3.1.4 Peligrosidad sísmica en El Salvador

El territorio de El Salvador se encuentra ubicado en un área caracterizada por una elevada sismicidad, como consecuencia de la interacción de las placas tectónicas de Cocos y del Caribe. Los terremotos de energía más elevada se generan en la zona de Wadati-Benioff, a lo largo del plano de subducción de la Placa de Cocos, convergente con la placa del Caribe en la Fosa Centroamericana (Fig. 3.14).

Los terremotos más fuertes con hipocentro en tal zona, se dieron en 1915 con M=7.8, en 1921 M=7.4 y en 1932 M=7.1. A causa de la notable profundidad hipocentral, no causaron efectos devastadores. Terremotos con hipocentros concentrados en la corteza superior, comúnmente ubicados a lo largo de la cordillera volcánica, con fuegos superficiales son, en cambio, responsables de extensas destrucciones. En el siglo XX, estos han causado desastres en al menos siete ocasiones, en 1917 (M=6.7), en 1919 (M=5.9), en 1936 (M=6.1), en 1937 (M=5.8) y en los tres eventos de del 6 y 7 de mayo de 1951 (Cuadro 3).

Per le zone sismogeniche ricadenti in aree di subduzione di interfaccia ed intraplacca (Fig. 3.6 b), caratterizzate da sismicità intermedia (25-60 km di profondità), è stata individuata l'area (Fig. 3.11):

- *Guatemala Intraplacca (GSI9). Tale zona sismogenica è caratterizzata da meccanismi focali di tipo inverso (compressionali), ipocentri localizzati tra i 25 e 60 km di profondità nella zona di subduzione, che presenta un angolo di pendenza di circa 30°. L'evento di maggiore energia (M= 7.7) colpì l'Altopiano del Guatemala nel 1942.*

Come zona sismogenica ricadente in aree di subduzione(slab) e intraplacche (Fig. 3.6 c), è stata individuata l'area (Fig. 3.12):

- *Guatemala Intraplacche (GSP10). La zona sismogenica comprende la zona di subduzione con profondità maggiore di 60 km e pendenza di 60°. I terremoti più profondi raggiungono anche i 250 km di profondità. Si tratta per lo più di eventi con meccanismo focale di tipo normale (estensionale). L'evento di maggiore energia (Mw 7.6) fu localizzato in El Salvador nel 2001.*

3.1.4 Pericolosità sismica in El Salvador

Il territorio di El Salvador è ubicato in un'area caratterizzata da elevata sismicità, come conseguenza dell'interazione delle placche tettoniche Cocos e Caraibica. I terremoti a più elevata energia sono generati nella zona di Wadati-Benioff, lungo il piano di subduzione della Placca di Cocos, convergente con la Placca Caraibica nella Fossa Centroamericana (Fig. 3.14).

I più forti terremoti con ipocentro in tale zona, sono avvenuti nel 1915 con M=7.8, nel 1921 M=7.4 e nel 1932 M=7.1. A causa della notevole profondità ipocentrale non causarono effetti devastanti. Terremoti con ipocentri concentrati nella crosta superiore, per lo più ubicati lungo la cordigliera vulcanica, con fuochi superficiali, sono invece responsabili di estese distruzioni. Nel XX secolo, questi hanno causato disastri in almeno sette occasioni, nel 1917 (M=6.7), nel 1919 (M=5.9), nel 1936 (M= 6.1), nel 1937 (M= 5.8), e nei tre eventi del 6-7 maggio 1951 (Tabella 3).

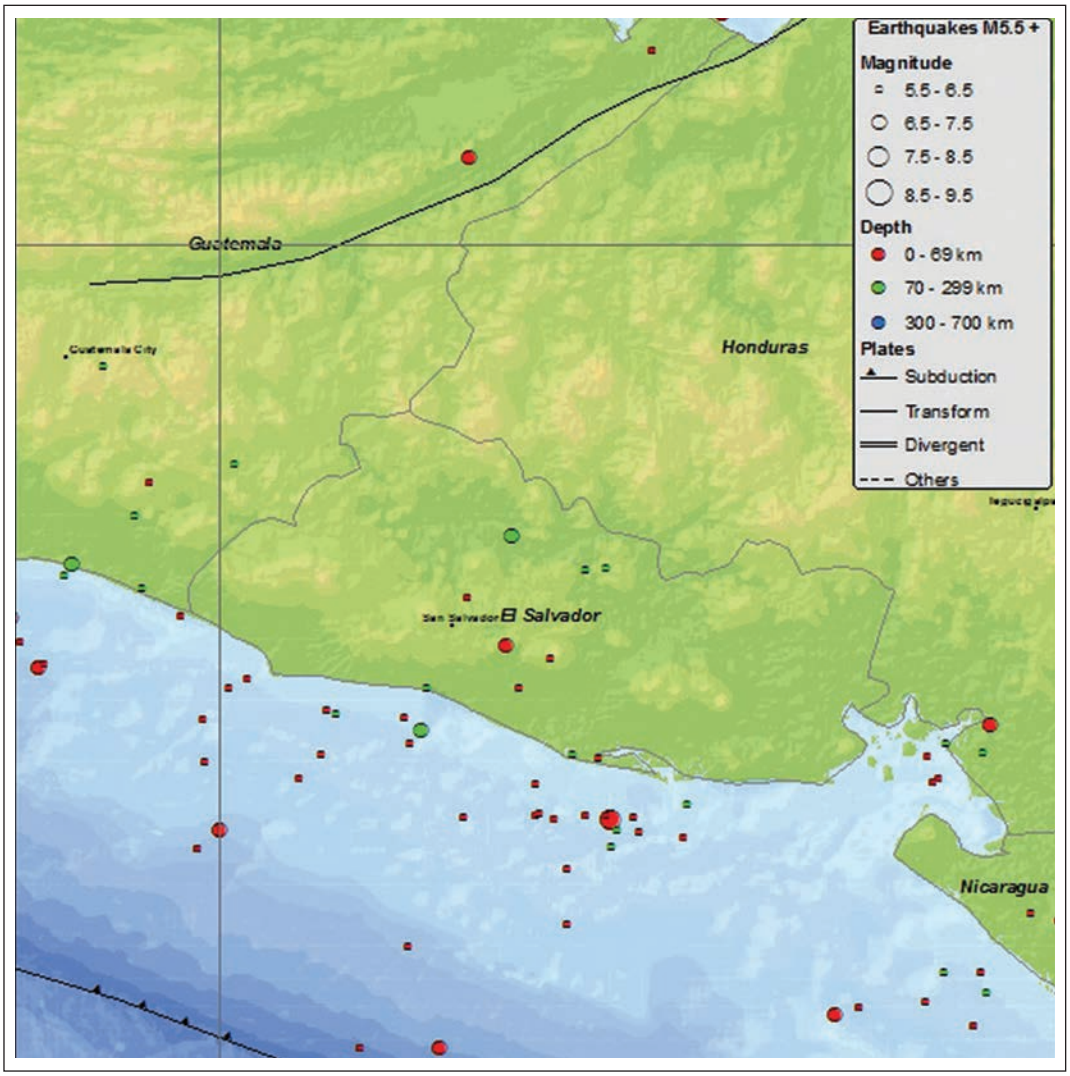


Fig. 3.14. Distribución de los eventos sísmicos que han golpeado a El Salvador desde 1900 hasta hoy, con M≥ 5 y profundidades hipocentrales relativas (USGS, 2012).

Otros eventos particularmente catastróficos se verificaron en 1965 (M=6.3), en 1996 (M= 5.5) y en 2001 (M=7.7 y 6.6), (Fig. 3.15).

El violento terremoto de 1965 causó la muerte de 125 personas, sobre todo en cercanías del lago de Ilopango donde se verificaron incluso procesos de ladera, de licuefacción y de spreading. Otros procesos gravitacionales se verificaron a lo largo de laderas empinadas de pómez. Del mismo modo, en 1986 otro terremoto golpeó San Salvador e Ilopango, provocando la pérdida de 1,500 vidas humanas y 100,000 sin techo. Muchos derrumbes y deslizamientos fueron provocados por el sisma a lo largo de las carreteras que de San Salvador llevan al lago de Ilopango, afectando sobre todo los depósitos volcánicos.

Altri eventi particolarmente catastrofici si verificarono nel 1965 (M=6.3), nel 1986 (M=5.5) e nel 2001 (M=7.7 e 6.6), (Fig. 3.15).

Il violento terremoto del 1965 causò la morte di 125 persone, per lo più presso il lago di Ilopango ove si verificarono anche fenomeni franosi, di liquefazione e di spreading. Altri fenomeni franosi si verificarono lungo i ripidi versanti di pomici. Ugualmente, nel 1986 un altro terremoto colpì San Salvador e Ilopango provocando la perdita di 1500 vite umane e 100.000 senza tetto. Molte frane furono innescate dal sisma lungo le strade che da San Salvador portano verso il lago di Llopango, interessando soprattutto i depositi vulcanici.

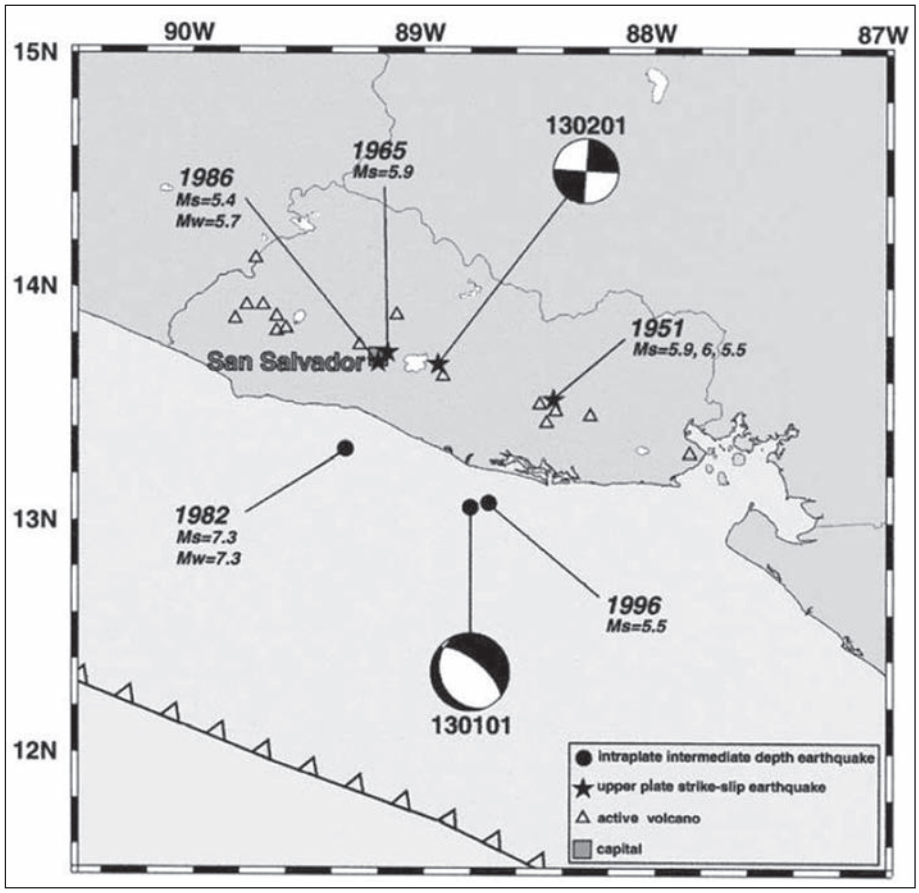


Fig. 3.15. Mecanismo focal del evento sísmico del 13 de enero-febrero de 2001; con las estrellas se indican los terremotos más fuertes que han golpeado a El Salvador en el siglo XX (Bommer et al., 2002).

FECHA	MAGNITUD	FECHA	MAGNITUD
1900-11-9	6.9	1951-05-6	5.9
1915-09-07	7.8	1951-05-6	6.2
1917-06-8	6.7	1951-05-7	5.5
1919-04-28	6.1	1965-05-3	6.2
1921-03-28	7.4	1982-06-19	7.3
1926-02-8	7.1	1986-10-10	5.7
1932-05-21	7.1	2001-01-13	7.7
1936-12-20	6.2	2001-02-13	6.6
1937-12-25	5.8	2012-08-05	6.7
1947-01-26	7.1	2012-08-27	7.3

Cuadro 3. Principales eventos sísmicos registrados en El Salvador y en su offshore de 1900 a 2012 (modificado de Bommer y Rodríguez, 2002; NEIC-USGS, 2012).

Finalmente, los eventos de enero y febrero de 2001, respectivamente con M=7.7 y M-6.6, con 1,200 víctimas, provocaron centenares de procesos de ladera, que tuvieron efecto sobre todo en los depósitos volcánicos a lo largo de colinas empinadas. En la Cordillera del Bálsamo los mayores daños fueron producidos por dos imponentes debrisflow acaecidos respectivamente en Las Colinas, donde perecieron 500 personas con la destrucción de buena parte de las casas y en Las Barrioleas donde el debris provocó la muerte de otras 100 personas. Se dieron, también, fenómenos de licuefacción, lateral spreading a lo largo de la costa del Pacífico y a orillas del Lago de Ilopango y del Río Lempa.

Las características de la sismicidad en el territorio salvadoreño fueron utilizadas en una primera zonificación sismogénica propuesta por Cáceres et al. (2005), en la cual se identifican las zonas sismogénicas Vz1 y Sz2 con valores de magnitud a partir de 6.5 (Fig. 3.10)

El Salvador está ubicado en un área con un elevado riesgo sísmico en el cual es posible reconocer las tres zonas sismogénicas regionales, de corteza (Fig. 3.6 a), de subducción de interfase e intraplaca (Fig. 3.6 b) y de subducción (slab) intraplacas (Fig. 3.6 c). Tales zonas resultan vinculadas esencialmente a la actividad de subducción entre las placas, además de la actividad tectónico-volcánica del Arco Volcánico Cuaternario, correspondiente a la Cordillera Volcánica que atraviesa el país paralelamente a la zona de subducción.

En particular, en la zona sismogenética de la corteza, caracterizada por eventos con hipocentros comprendidos entre los 25 km de profundidad, se reconocen tres subzonas (Fig. 3.9):

- Pacífico Central (S1). Comprende la parte superficial de la zona de subducción entre las placas de Cocos y del Caribe hacia la costa salvadoreña. En esta zona sismogénica está comprendido e mayor número de terremotos, y normalmente no se registran eventos de energía muy elevada. Históricamente el evento más fuerte se remonta al año 1900, con magnitud de 6.9.

- Arco Volcánico Central (S3). Esta zona sismogénica se caracteriza por la presencia de fallas transcurrentes con recorrido prevalecientemente diestro y subordinadamente izquierdo. La sismicidad se distingue por eventos de media-alta energía. Un aspecto importante es el hecho de que estos terremotos, acaecidos a baja profundidad y cerca de centros urbanos o grandes infraestructuras, resultan

Infine, gli eventi del Gennaio e Febbraio 2001, rispettivamente con M=7.7 e M=6.6, con 1200 vittime, innescarono centinaia di fenomeni franosi, che interessarono soprattutto i depositi vulcanici lungo i versanti acclivi. Nella Cordigliera del Balsamo i maggiori danni furono prodotti da due imponenti debris flow verificatisi rispettivamente a Las Colinas, dove perirono 500 persone con la distruzione di buona parte delle abitazioni, e a Las Barrioleas dove il debris provocò la morte di altre 100 persone. Si verificarono anche fenomeni di liquefazione, lateral spreading lungo la costa del Pacifico e lungo le sponde del Lago Ilopango e del Rio Lempa.

Le caratteristiche della sismicità nel territorio salvadoregno sono state utilizzate in una prima zonazione sismogenica proposta da Caceres et al. (2005), in cui vengono identificate le zone sismogeniche Vz1 e Sz2 con valori di magnitudo a partire da 6.5 (Fig. 3.10).

El Salvador è ubicato in un'area ad elevato rischio sismico in cui è possibile riconoscere le tre zone sismogeniche regionali, crostale (Fig. 3.6 a), di subduzione interfaccia ed intraplacca (Fig. 3.6 b) e di subduzione (slab) intraplacche (Fig. 3.6 c). Tali zone risultano legate essenzialmente all'attività di subduzione tra le placche, oltre all'attività tettono-vulcanica dell'Arco Vulcanico Quaternario, corrispondente alla Cordigliera Vulcanica che attraversa il paese parallelamente alla zona di subduzione.

In particolare nella zona sismogenetica crostale, caratterizzata da eventi con ipocentri compresi entro i 25 km di profondità, si riconoscono tre subzone (Fig. 3.9):

- *Pacifico Centrale (S1). Comprende la parte superficiale della zona di subduzione tra le placche di Cocos e Caraibica verso la costa salvadoregna. In questa zona sismogenica è compreso il maggior numero di terremoti, e solitamente non si registrano eventi ad energia molto elevata. Storicamente l'evento più forte si fa risalire all'anno 1900 con magnitudo di 6,9.*

- *Arco Vulcanico Centrale (S3). Questa zona sismogenica è caratterizzata dalla presenza di faglie trascorrenti con andamento prevalentemente destro e subordinatamente sinistro. La sismicità è caratterizzata da eventi a medio-alta energia. Un aspetto importante è il fatto che questi terremoti verificandosi a basse profondità e vicino a centri abitati o grandi infrastrutture risultano essere estremamente catastrofici sia in termini di perdite umane che economiche. L'ultimo terremoto significativo in questa regione si è verificato il 13 febbraio 2001, con una magnitudo di 6,6.*

ser estrechamente catastróficos ya sea en términos de pérdidas humanas como económicas. El último terremoto significativo en esta región se verificó el 13 de febrero de 2001, con una magnitud de 6.6.

- Arco Volcánico (Golfo de Fonseca) (S4-N5). Esta zona sismogénica incluye el Golfo de Fonseca y parte del territorio nicaragüense. Se caracteriza por enjambres sísmicos con magnitud superior a 5.0. El terremoto más significativo en los últimos años se dio en 1999 con magnitud 5.9.

Zonas sismogénicas ubicadas en áreas de subducción de interfase e intraplaca (Fig. 3.6 b), caracterizadas por sismicidad intermedia (25-60 km de profundidad). Con tales características fue identificada solo la zona siguiente (Fig. 3.11):

- El Salvador Intraplaca (SSI5). Se distingue por frecuente sismicidad, incluso elevada (entorno a M=8), a consecuencia del movimiento de subducción de la Placa de Cocos bajo la Placa del Caribe, a lo largo de las costas de El Salvador. El terremoto más fuerte en esta zona fue el de 1915, con magnitud calculada de 7.7.

Zonas sismogénicas localizadas en áreas de subducción (slab) e intraplacas(Fig. 3.6 c):

El Salvador Intraplaca (SSP6).Tal zona sismogénica (Fig. 3.12) corresponde a la porción del plano de subducción Wadati-Benioff localizada por debajo del territorio salvadoreño. La sismicidad se caracteriza por numerosos eventos y por valores de magnitud elevados, con profundidades hipocentrales mayores a 60 km. Eventos significativos en este sector se verificaron en el último trienio, como los terremotos de 1982 y de 2001 con magnitud respectivamente de 7.3 y 7.7. Ambos terremotos presentan mecanismos de falla de tipo extensional.

3.1.5 Peligrosidad sísmica en Nicaragua

Nicaragua se ubica dentro de una zona tectónicamente muy activa, caracterizada por el proceso de subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa del Caribe, marcado por la Fosa Centroamericana. El elemento estructural de mayor relieve está representado por la Depresión o Graben Nicaragüense, que se extiende paralelamente a la costa pacífica, con una longitud mayor de 300 km en dirección NO-SE y por 70 km de ancho, com-

- *Arco Vulcanico (Golfo de Fonseca) (S4-N5). Questa zona sismogenica include il Golfo di Fonseca e parte del territorio nicaraguense. E' caratterizzata da sciami sismici con magnitudo superiore a 5.0. Il terremoto più significativo negli ultimi anni si è verificato nel 1999 con magnitudo 5.9.*

Zone sismogeniche ricadenti in aree di subduzione di interfaccia ed intraplacca (Fig. 3.6 b), caratterizzate da sismicità intermedia (25-60 km di profondità). Con tali caratteristiche è stata individuata solo la zona seguente (Fig. 3.11):

- *El Salvador Intraplacca (SSI5). E' caratterizzata da frequente sismicità, anche elevata (intorno a M=8), in conseguenza del movimento di subduzione della Placca di Cocos sotto la Placca Caraibica, lungo le coste di El Salvador. Il più forte terremoto in questa zona è il terremoto del 1915, con magnitudo calcolata di 7.7.*

Zone sismogeniche ricadenti in aree di subduzione (slab) e intraplacche (Fig. 3.6 c):

El Salvador Intraplacca (SSP6). Tale zona sismogenica (Fig. 3.12) corrisponde alla porzione del piano di subduzione Wadati-Benioff ricadente al disotto del territorio salvadoregno. La sismicità è caratterizzata da numerosi eventi e da valori di magnitudo elevati con profondità ipocentrali maggiori di 60 km. Eventi significativi in questo settore si sono verificati nell'ultimo trentennio, come i terremoti del 1982 e del 2001 con Magnitudo rispettivamente di 7.3 e 7.7. Entrambi i terremoti presentano meccanismi di faglia di tipo estensionale. Più recentemente, nell'Agosto 2012, altri due forti eventi di M 6.7 e 7.3 hanno caratterizzato tale zona.

3.1.5 Pericolosità sismica in Nicaragua

Il Nicaragua è ubicato all'interno di una zona tettonicamente molto attiva, caratterizzata dal processo di subduzione della Placca di Cocos al disotto della Placca Caraibica, marcato dalla Fossa Centro Americana. L'elemento strutturale di maggior rilievo è rappresentato dalla Depressione o Graben Nicaraguense, che si estende parallelamente alla costa pacifica, con una lunghezza maggiore di 300 km in direzione NO-SE e per 70 km di

puesta por rocas volcánicas recientes. En la parte central de la Depresión y en correspondencia de estructuras tectónicas regionales se ubica la Cordillera Volcánica de Nicaragua y los grandes lagos (Managua y Nicaragua); la distribución de la sismicidad (Fig. 3.16) muestra que la mayor parte de los eventos símicos con magnitud M≥5.5 se ubican en el offshore nicaragüense.

La sismicidad de los últimos cien años estuvo marcada por eventos con magnitudes elevadas, hasta por valores de 7.6 (Cuadro 4). Entre estos, los eventos de 1931, 1951, 1972, 1992, 2004 y 2005 se consideran los más destructivos ya sea en términos de daños como en términos de pérdida de vidas humanas. De hecho, el terremoto del 31 de marzo de 1931, además de provocar la muerte de 2,500 personas, dañó irreparablemente la ciudad de Managua, donde se verificaron extensos fenómenos de fractura co-sísmica e incluso las márgenes del lago fueron afectadas por fenómenos de ladera de notable importancia.

larghezza, composta da rocce vulcaniche recenti. Nella parte centrale della Depressione ed in corrispondenza di strutture tettoniche regionali è ubicata la Cordigliera Vulcanica del Nicaragua ed i grandi laghi (Managua, Nicaragua); la distribuzione della sismicità (Fig. 3.16) mostra che la maggior parte degli eventi sismici con magnitudo M≥5.5 sono ubicati nell'offshore nicaraguense.

La sismicità degli ultimi cento anni è stata caratterizzata da eventi con magnitudo elevate, fino al valore massimo di 7.6 (Tabella 4). Tra questi, gli eventi del 1931, 1951, 1972, 1992, 2004 e 2005 sono considerati quelli più distruttivi sia in termini di danneggiamento sia in termini di perdita di vite umane. Infatti il terremoto del 31 marzo 1931, oltre a provocare la morte di 2500 persone, danneggiò irreparabilmente la città di Managua, dove si verificarono estesi fenomeni di fratturazione cosismica, e anche le sponde del lago furono interessate da fenomeni franosi di notevole entità.

DATA	MAGNITUDO	DATA	MAGNITUDO
1901-10-08	7.0	1974-03-06	5.7
1907-12-30	7.1	1984-08-23	6.2
1909-08-16	6.9	1984-12-20	6.0
1916-02-27	7.4	1985-04-19	6.1
1916-04-24	7.3	1985-12-16	6.1
1925-10-05	6.8	1987-04-08	6.4
1926-11-05	7.0	1987-11-17	6.5
1931-03-31	6.3	1988-05-06	6.6
1947-01-26	7.1	1990-04-03	6.8
1950-10-05	7.8	1992-09-02	7.6
1951-08-02	6.0	1996-03-03	6.7
1951-08-03	6.2	1996-03-03	6.6
1954-02-19	6.8	1996-11-17	6.0
1956-10-24	7.2	1998-10-09	6.0
1967-10-15	6.1	2004-10-09	7.0
1968-01-04	4.6	2005-07-02	6.6
1972-12-23	6.3		

Cuadro. 4. Principales eventos sísmicos registrados en Nicaragua y en su offshore de 1901 a 2005 (modificado de Bommer y Rodríguez, 2002; NEIC-USGS, 2012).

El violento terremoto del 3 de agosto de 1951 causó la muerte de 1,000 personas; el puerto de Potosí, en la Costa Pacífica, fue totalmente destruido por un debrisflow generado por el colapso del lago volcánico Cosigüina. El más catastrófico terremoto registrado en Nicaragua, con 5,000 muertos y 325,000 sin techo, fue el del 23 de diciembre de 1972 el cual afectó un área de 27 km^2, de los cuales 13 km^2 dentro de la ciudad de Managua. Los efectos geológicos del terremoto incluyeron la reactivación de al menos cuatro segmentos de fallas transcurrentes, con movimiento lateral izquierdo; procesos de ladera y fenómenos de subsidencia se registraron en proximidad de la estructuras volcánicas presentes en el territorio de Managua.

Il violento terremoto del 3 agosto 1951 causò la morte di 1000 persone; il porto di Potosì, sulla Costa Pacifica, fu completamente distrutto da un debris flow generato dal collasso del lago vulcanico Cosiguina. Il più catastrofico terremoto registrato in Nicaragua, 5000 morti e 325.000 senzatetto, fu quello del 23 dicembre 1972, che interessò un'area di 27 km^2, dei quali 13 km^2 all'interno della città di Managua. Gli effetti geologici del terremoto inclusero la riattivazione di almeno quattro segmenti di faglie trascorrenti, con movimento laterale sinistro; eventi franosi e fenomeni di subsidenza si registrarono in prossimità delle strutture vulcaniche presenti nel territorio di Managua.

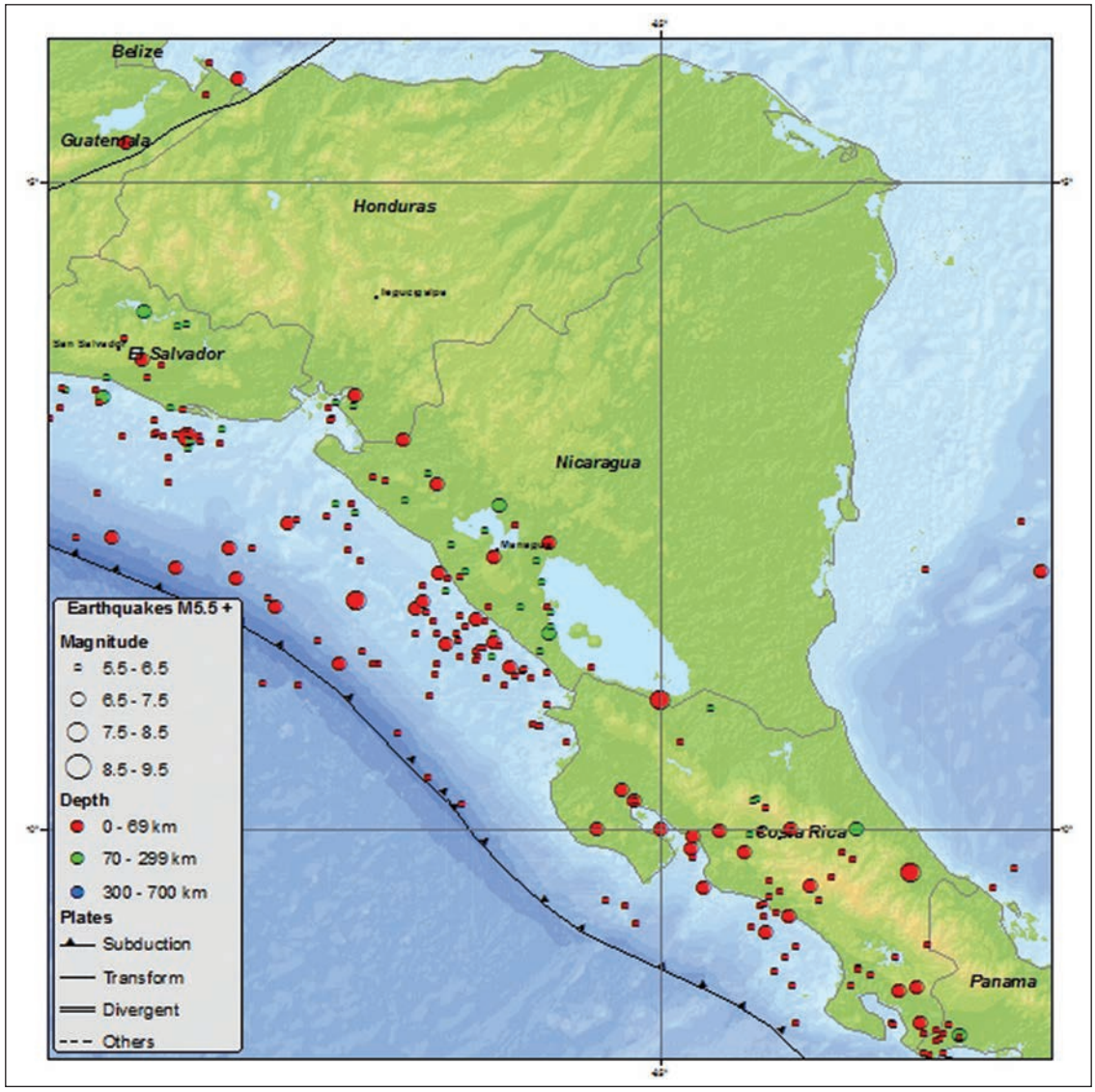


Fig. 3.16. Distribución de los eventos sísmicos, con M ≥ 5, en el territorio nicaragüense y en el offshore de 1900 a la actualidad (USGS, 2012).

El 2 de septiembre de 1992 un terremoto de magnitud 7.6 generó un tsunami con olas de altura superior a los ocho metros, el cual destruyó 26 ciudades distribuidas lo largo de 250 km de la costa pacífica de Nicaragua: 116 muertos, 68 desplazados y cerca de 500 heridos.

Las características de la sismicidad en el territorio nicaragüense fueron utilizadas en una primera zonificación sismogénica propuesta por Cáceres et al. (2005), en la cual se identifican las zonas Vz2 y Sz3 con valores de magnitud a partir de 6.5 y se indican los tipos de mecanismos focales dominantes (Fig. 3.10).

En tal contexto, la peligrosidad sísmica del territorio está estrechamente vinculada con las dinámicas específicas de los márgenes de las placas tectónicas.

En particular, en la zona sismogénica de corteza (Fig. 3.6 a), caracterizada por eventos con hipocentros comprendidos entorno a los 25 km profundidad, se reconocen dos subzonas (Fig. 3.9):

Depresión Nicaragüense Occidental (N9-10). La zona sismogénica encierra una porción del área deprimida de dimensiones globales de cerca de 50 km de longitud, coincidente con el frente del arco volcánico que atraviesa los países de Nicaragua, El Salvador y la parte septentrional de Costa Rica. La estructura tectónica representa un semi-graben limitado a sureste por una falla transtensional con dirección Noroeste. Dentro de la depresión se localizan los lagos de Nicaragua (Cocibolca) y de Managua (Xolotlán), que representan los más extensos de Centro América. Dentro de esta zona están también presentes importantes elementos simotectónicos como la falla de Mateare, la cual se extiende paralela a la depresión y el sistema de fallas Tiscapa orientadas perpendicularmente al graben. Al sistema de falla Tiscapa está asociado el catastrófico sismo de Managua acaecido en 1972 (M=6.5).

Nicaragua Sur-caribeña (N12). Se trata de una vasta área situada en la parte central de Nicaragua caracterizada por sismicidad relativamente baja.

Nicaragua Nor-caribeña (N13-14). Comprende una vasta área, que incluye la gran planicie aluvial, en la parte más oriental de Nicaragua, caracterizada por eventos sísmicos esparcidos.

Zona sismogénicas ubicadas en áreas de subducción de interfase e intraplaca(Fig. 3.6 b), caracterizadas por

Il 2 settembre 1992 un terremoto di magnitudo 7.6 generò uno tsunami con onde di altezza superiore agli otto metri, che distrusse 26 città distribuite lungo i 250 km della costa pacifica del Nicaragua: 116 morti, 68 dispersi e circa 500 furono i feriti.

Le caratteristiche della sismicità nel territorio nicaraguense sono state utilizzate in una prima zonazione sismogenica proposta da Caceres et al. (2005), in cui vengono identificate le zone Vz2 e Sz3 con valori di magnitudo a partire da 6.5, e indicati i tipi di meccanismi focali dominanti (Fig. 3.10).

In tale contesto la pericolosità sismica del territorio è strettamente connessa alle specifiche dinamiche dei margini delle placche tettoniche.

In particolare nella zona sismogenica crostale (Fig. 3.6 a), caratterizzata da eventi con ipocentri compresi entro i 25 km di profondità, si riconoscono due subzone (Fig. 3.9):

Depressione Nicaraguense Occidentale (N9-10). La zona sismogenica racchiude una porzione dell'area depressa delle dimensioni complessive di circa 50 km di larghezza e alcune centinaia di km di lunghezza, coincidente con il fronte dell'arco vulcanico che attraversa i paesi del Nicaragua, El Salvador e la parte settentrionale del Costa Rica. La struttura tettonica rappresenta un semi-graben limitato a Sud-Est da una faglia transtensionale con direzione Nord-Ovest. All'interno della depressione sono localizzati i laghi Nicaragua (Cocibolca) e Managua (Xolotlán) che rappresentano i più estesi del Centro America. All'interno di questa zona sono inoltre presenti importanti elementi sismotettonici come la faglia Mateare, che si estende parallela alla depressione e il sistema di faglie Tizcapa, orientate perpendicolarmente al graben. Al sistema di faglie Tizcapa è associato il catastrofico sisma di Managua avvenuto nel 1972 (M 6,5).

Nicaragua Sud Caraibica (N12). Si tratta di una vasta area situata nella parte centrale del Nicaragua caratterizzata da sismicità relativamente bassa.

Nicaragua Nord Caraibica (N13-14). Comprende una vasta area, che include la grande pianura alluvionale, nella parte più orientale del Nicaragua, caratterizzata da eventi sismici sparsi.

sismicidad intermedia (25-60 km de profundidad). Con tales características fueron identificadas dos subzonas (Fig. 3.11):

- Nicaragua Intraplaca Noreste (NS15).Comprende la zona de subducción de la Placa de Cocos, entre la costa nicaragüense y la Fosa Centroamericana. Las particulares condiciones de subducción se reflejan sobre la morfología costera con significativos cambios de topografía en correspondencia con Puerto Sandino, donde el frente de subducción podría desdoblarse con ángulos de pendencia de 45 a 75 grados. La sismicidad frecuente resulta mayormente localizada entorno a los 40 km de profundidad.

- Nicaragua Intraplaca Sureste (NS16). Está ubicada entre las zonas sísmicas del Golfo de Fonseca (en Nicaragua) y la Península de Nicoya en Costa Rica. Los terremotos históricos de mayor energía se verificaron al inicio del siglo pasado, el 27 de febrero de 1916 (M=7.5) y otro más reciente el 2 septiembre de 1992 (M=7.6) que generó incluso un tsunami.

Zona sismogénica ubicada en áreas de subducción (slab) e intraplacas (Fig. 3.6 c; Fig. 3.12):

Nicaragua Intraplacas (NSP17). Esta representa una de las zonas sismogénicas más activas de Nicaragua, incrementada también por la actividad volcánica de los Marrabios. En esta zona han sucedido grandes terremotos que han causado impactos significativos sobre el ambiente. Generalmente los recientes terremotos en esta área se asocian con mecanismos de falla inversa.

Zone sismogeniche ricadenti in aree di subduzione di interfaccia ed intraplacca (Fig. 3.6 b), caratterizzate da sismicità intermedia (25-60 km di profondità). Con tali caratteristiche sono state individuate due subzone (Fig. 3.11.):

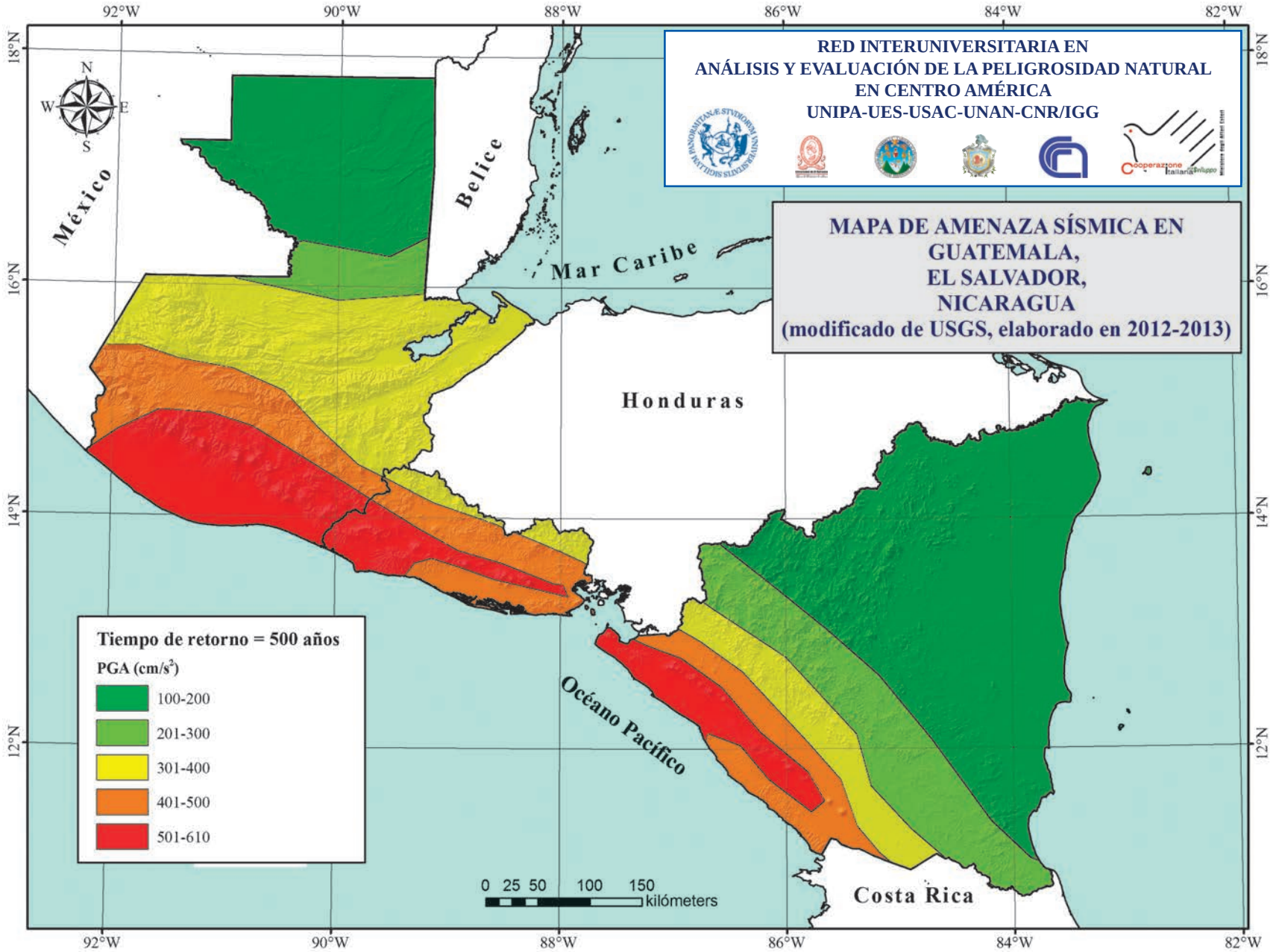
- *Nicaragua Intraplacca Nord-Est (NS15). Comprende la zona di subduzione della Placca di Cocos, tra la costa nicaraguense e la Fossa Centroamericana. Le particolari condizioni di subduzione si riflettono sulla morfologia costiera con significativi cambi di topografia in corrispondenza di Puerto Sandino, dove il fronte di subduzione potrebbe sdoppiarsi con angoli di pendenza da 45 a 75 gradi. La frequente sismicità risulta per lo più localizzata intorno ai 40 km di profondità.*

- *Nicaragua Intraplacca Sud-Est (NS16). E' ubicata tra le zone sismiche del Golfo di Fonseca (in Nicaragua) e la Penisola di Nicoya in Costa Rica. I terremoti storici di maggiore energia si verificarono all'inizio del secolo scorso, il 27 febbraio 1916 (M= 7.5), e l'altro più recente il 2 settembre 1992 (M= 7.6) che generò anche uno tsunami.*

Zona sismogenica ricadente in aree di subduzione (slab) e intraplacche (Fig. 3.6 c; Fig. 3.12):

Nicaragua Intraplacche (NSP17). Questa rappresenta una delle zone sismogeniche più attiva del Nicaragua, incrementata anche dall'attività vulcanica dei Maribios. In questa zona sono avvenuti grandi terremoti che hanno causato impatti significativi sull'ambiente. Generalmente, i frequenti terremoti in quest'area sono associati a meccanismi di faglia inversa.

Mapa 3.I


RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG
MAPA DE AMENAZA SÍSMICA EN
GUATEMALA,
EL SALVADOR,
NICARAGUA
(modificado de USGS, elaborado en 2012-2013)
92°W
90°W
88°W
86°W
84°W
82°W
18°N
16°N
14°N
12°N
N
S
W
E
México
Belice
Mar Caribe
Honduras
Océano Pacífico
Costa Rica
Tiempo de retorno = 500 años
PGA (cm/s²)
100-200
201-300
301-400
401-500
501-610
0 25 50 100 150
kilómetros

3.2

ESI 2007 scale: Un nuevo instrumento para la evaluación de la peligrosidad sísmica

ESI 2007 scale: un nuovo strumento per la valutazione della pericolosità sismica

Los desastrosos escenarios de daños provocados por los eventos sísmicos acaecidos en el curso del último decenio (Asia, Centroamérica, Suramérica) han replanteado el debate global entre sismólogos, geólogos e ingenieros sobre las "best practice", o sea, los instrumentos por adoptar para alcanzar la más completa y confiable evaluación de la peligrosidad sísmica de un territorio.

La enseñanza que se puede extraer del análisis de estos últimos eventos sísmicos es que para una correcta evaluación del hazard, unido a los efectos producidos por la sacudida, que permanece siempre fuente de daño directo, deben absolutamente ser considerados también todos los efectos ambientales co-sísmicos, ligados directa e indirectamente a la fuente sísmica.

Los últimos grandes terremotos que han golpeado Asia, como por ejemplo el terremoto del 14 de noviembre de 2001 (M =8.1) en Cunlun (Tíbet), los eventos de Sumatra (Indonesia) del 2004 al 2009 (con M da 8 a 9.3) , el terremoto de Sichuan (China) del 12 de mayo de 2008 (M= 8), el terremoto del 12 de enero de 2010 de Haití (M= 7.0) y el del 11 de marzo de 2011 de Tohoku (M=9.0), en el Océano Pacífico cercano ala costa nororiental del Japón, han producido verdaderos trastornos naturales del territorio con modificaciones topográficas permanentes, formación de fallas superficiales con longitudes comprendida entrelos 300 a 1000 kilómetros, además del desencadenamiento de millares de fenómenos geológicos secundarios, como licuefacción, corrimientos de tierra, agrietamientos, tsunamis, etc.

En particular, el terremoto de Haití de 2010, además de provocar un número increíble de víctimas (los cálculos oscilan entre un mínimo de 100,000 y un máximo de 316,000), 300,000 heridos, 1.3 millones de evacuados, 97,294 casas destruidas y 188,383 dañadas; en Port-au-Prince y en gran parte del sur de Haití, produjo extensos fenómenos geológicos. De hecho, a continuación del terremoto se generaron olas de tsunami en Petit Paradis

I disastrosi scenari di danneggiamento innescati dagli eventi sismici avvenuti nel corso dell'ultimo decennio (Asia, Centro America, Sud America) hanno rinnovato il dibattito globale tra sismologi, geologi ed ingegneri sulle "best practice" ovvero gli strumenti da adottare per raggiungere la più completa ed affidabile valutazione della pericolosità sismica di un territorio.

L'insegnamento che si può trarre dall'analisi di questi ultimi eventi sismici è che, per una corretta valutazione dell'hazard, unitamente agli effetti prodotti dallo scuotimento, che resta pur sempre fonte di danno diretto, vanno assolutamente considerati anche tutti gli effetti ambientali cosismici, legati direttamente ed indirettamente alla sorgente sismica.

Gli ultimi grandi terremoti che hanno colpito l'Asia, come ad esempio il terremoto del 14 novembre 2001 (M =8.1) a Cunlun (Tibet), gli eventi di Sumatra (Indonesia) dal 2004 al 2009 (con M da 8 a 9.3) , il terremoto di Sichuan (Cina) del 12 maggio 2008 (M= 8), il terremoto del 12 gennaio 2010 di Haiti (M= 7.0) e quello dell'11 marzo 2011 di Tohoku (M=9.0), nell'Oceano Pacifico vicino alla costa nord-orientale del Giappone, hanno prodotto veri e propri sconvolgimenti naturali del territorio con modificazioni topografiche permanenti, fagliazioni superficiali con lunghezze comprese da 300 a 1000 chilometri, oltre all'innesco di migliaia di fenomeni geologici secondari, come liquefazioni, frane, fratture, tsunami, etc.

In particolare, il terremoto di Haiti del 2010, oltre a provocare un numero incredibile di vittime (le stime oscillano da un minimo di 100.000 fino ad un massimo di 316.000), 300.000 feriti, 1,3 milioni di sfollati, 97.294 case distrutte e 188.383 danneggiate in Port-au-Prince e in gran parte del sud di Haiti, produsse estesi fenomeni geologici. Infatti, a seguito del terremoto si generarono onde di tsunami a Petit Paradis (Leogane), con 4 morti, a Jacmel, Les Cayes, Petit Goave, Leogane, Luly e Anse a

(Leogane), con 4 muertes, en Jacmel, Les Cayes, Petit Goave, Leogane, Luly y Anse en Galets. Evidentes fenómenos de uplift se verificaron a lo largo de costa de Leogane a L'Acul, mientras fenómenos de subsidencia se observaron siguiendo la costa de Grand Trou a Port Royal. Contribuyeron también en modo significativo a incrementar el nivel de daño en Port-au-Prince y en otros sitios, extensos fenómenos de licuefacción del suelo, derrumbes y fisuras con el consiguiente grave daño de las actividades productivas y de las vías de comunicación en el archipiélago (Fig. 3.17, 3.18).

Aún está vivo en todos nosotros el recuerdo dramático del reciente terremoto de Tohoku, del 2011 (M= 9.0), cuyo tsunami afectó un amplio trecho de costa, con valores de run up hasta 38 m, y 14 m en las cercanías de la central nuclear de Fukushima, penetrando por unos 5

Galets. Evidenti fenomeni di uplift si verificarono lungo la costa da Leogane a L'Acul, mentre fenomeni di subsidenza si osservarono lungo la costa da Grand Trou a Port Royal. Contribuirono in modo significativo ad innalzare il livello di danneggiamento a Port-au-Prince e altrove, anche estesi fenomeni di liquefazione del suolo, frane e fratture con conseguente grave danneggiamento delle attività produttive e delle vie di comunicazione nell'arcipelago (Figg. 3.17, 3.18).

E' ancora vivo in tutti noi il ricordo drammatico del recentissimo terremoto di Tohoku del 2011 (M= 9.0), il cui tsunami ha interessato un ampio tratto di costa, con valori di run up fino a 38 m, e 14 m presso la centrale nucleare di Fukushima, penetrando per ben 5 km all'interno della pianura costiera di Sendai. Lo tsunami ha provocato la maggior parte delle vittime (più di 20.000 persone), con



Fig. 3.17- En la imagen de arriba, son visibles fenómenos de corrimientos de tierra provocados por el terremoto de Haití del 12 de enero de 2010, en las cercanías de Pétion-Ville, mientras abajo se observan los efectos del lateral spreading a lo largo de los embarcaderos septentrionales de las estructuras portuarias de Port-au-Prince (Eberhard, et al., 2010).



Fig. 3.18- Terremoto de Haití del 12 de enero de 2010. Fisuras a lo largo de la Hyw 2, con fisuras paralelas a la orientación de la calle. (http://cires.colorado.edu/~bilham/Haiti/Haiti%20earthquake%20photos/Rupture%20update.html).

km dentro de la planicie costera de Sendai. El tsunami provocó la mayor parte de las víctimas (más de 20,000 personas), con la destrucción de numerosos centros urbanos y con un nivel de daño porcentualmente superior a los daños, más bien limitados, producidos por el temblor. Analizando los efectos inducidos por estos eventos, resulta trágicamente evidente que la evaluación de la peligrosidad de tsunami ha sido fuertemente sub dimensionada y, por tanto, no está en capacidad de aportar algo a las medidas de mitigación para la protección de personas, edificios e infraestructuras, incluidas las centrales nucleares, que fueron gravemente golpeadas, constituyendo de hecho una ulterior fuente de peligro y de muerte para la población local. (Fig. 3.19)

Desde un punto de vista más estrictamente sismológico, la lección dada por estos recientes sucesos pone en evidencia, una vez más, la necesidad de evaluar las dimensiones reales de un terremoto, teniendo en debida cuenta, también, los efectos ambientales producidos por los eventos sísmicos. Como dato de hecho, la intensidades un parámetro sísmico capaz de describir un escenario completo del terremoto, o bien de diversificar y cuantificar los efectos producidos sobre los hombres, las construcciones y sobre el ambiente natural.

En el curso de los años, algunas prerrogativas inherentes de las escalas macrosísmicas han ido mejorando en el tiempo, actualizando, por ejemplo, las tipologías constructivas, siempre más sofisticadas para mejorar la



Fig. 3.19- Terremoto de Tohoku de 2011 (M= 9.0). Las imágenes muestran la devastación del tsunami sobre la costa septentrional de Japón, inmediatamente después del terremoto (arriba) y a un año de distancia (abajo)

la distruzione di numerosi centri urbani e con un livello di danneggiamento percentualmente superiore ai danni, piuttosto limitati, prodotti dallo scuotimento. Analizzando gli effetti indotti da questi eventi risulta, tragicamente evidente che la valutazione della pericolosità da tsunami è stata fortemente sottodimensionata e quindi non in grado di sopperire alle misure di mitigazione per la protezione di persone, edifici e infrastrutture, comprese le centrali nucleari, che sono state gravemente colpite, costituendo di fatto un ulteriore fonte di pericolo e di morte per la popolazione locale. (Fig. 3.19)

Dal punto di vista più strettamente sismologico, la lezione offerta da questi recenti avvenimenti mette ancora una volta in luce la necessità di valutare le reali dimensioni

satisfacción de complejos criterios de prevención sísmica. Al mismo tiempo, ha sido reducido el uso de las escalas macrosísmicas como instrumento de evaluación de los daños producidos por los efectos geológicos primarios y secundarios, perdiendo de hecho uno de los componentes esenciales del conocimiento y de la descripción del evento sísmico. Solo recientemente, gracias al desarrollo del estudio de la paleosismología y en sintonía con otros estudios geológicos innovadores, ha emergido de nuevo la necesidad del uso de tales parámetros aún en la óptica de una correcta planificación territorial.

Estudios científicos (Dengler& McPherson, 1993; Serva, 1994; Esposito et al., 1997; Esposito et al., 2001; Hancox et al., 2002; Michetti et al., 2004; Porfido et al., 2007) han provisto evidencias claras de que los efectos geológicos y ambientales, para los cuales hoy se dispone de una rica base de datos histórica y, sobre todo, paleosismológica, pueden proveer información fundamental para la estimación de las dimensiones del terremoto y, en particular, de la intensidad.

Sobre la base de tales consideraciones fue realizada la nueva escala de intensidad "ESI 2007 scale" (Environmental Seismic Intensity Scale, Michetti et al., 2007), fruto de la revisión crítica de un elevado número de terremotos distribuidos en el mundo, analizados por un equipo internacional compuesto por geólogos, sismólogos e ingenieros.

La ESI 2007 está estructurada en doce grados en la misma medida de las escalas macrosísmicas clásicas. Un nuevo método de clasificación de los terremotos, que, a diferencia de las escalas tradicionales basadas en el daño a los edificios, atribuye la intensidad exclusivamente sobre los efectos ambientales, volviendo posible la clasificación de los terremotos aún en las áreas desiertas o escasamente habitadas, donde los efectos sobre las estructuras antrópicas están ausentes o poco difusos y, por consiguiente, la intensidad debe necesariamente basarse en los efectos sobre el ambiente, elementos objetivos e independientes del grado de desarrollo o del nivel económico del área afectada por el terremoto. Además, resulta indispensable para los terremotos con intensidad mayor o igual al X grado, cuando la mayor parte de lo construido resulta a menudo destruido, mientras los efectos sobre el terreno continúan estando presentes y, por tanto, los únicos a ser diagnosticados.

La ventaja principal de la nueva escala ESI 2007 (Michetti et al., 2007) estriba en la clasificación, cuantificación y medida de numerosos aspectos geológicos, tectónicos,

di un terremoto, tenendo in debito conto anche gli effetti ambientali indotti dagli eventi sismici. Come dato di fatto, l'intensità è un parametro sismico in grado di descrivere uno scenario completo del terremoto, ovvero di diversificare e quantificare gli effetti indotti sugli uomini, sul costruito e sull'ambiente naturale.

Nel corso degli anni alcune prerogative insite delle scale macrosismiche sono andate migliorando nel tempo, attualizzando, ad esempio, le tipologie costruttive, sempre più sofisticate per meglio soddisfare i complessi criteri di prevenzione sismica. Nel contempo è stato ridotto l'utilizzo delle scale macrosismiche come strumento di valutazione dei danni prodotti dagli effetti geologici primari e secondari, perdendo di fatto una delle componenti essenziali della conoscenza e della descrizione dell'evento sismico. Solo recentemente, grazie allo sviluppo degli studi di paleosismologia ed in sintonia con altre indagini geologiche innovative, è riemersa la necessità dell'utilizzo di tali parametri anche nell'ottica di una corretta pianificazione territoriale.

Studi scientifici (Dengler & McPherson, 1993; Serva, 1994; Esposito et al., 1997; Esposito et al., 2001; Hancox et al., 2002; Michetti et al., 2004; Porfido et al., 2007) hanno fornito chiare evidenze che gli effetti geologici ed ambientali, per i quali oggi si dispone di un ricco database storico e, soprattutto, paleosismologico, sono in grado di fornire informazioni fondamentali per la stima delle dimensioni del terremoto ed in particolare dell'intensità.

Sulla base di tali considerazioni è stata realizzata la nuova scala di intensità "ESI 2007 scale"(Environmental Seismic Intensity Scale, Michetti et al., 2007), frutto della revisione critica di un elevato numero di terremoti distribuiti nel mondo, analizzati da un team internazionale composto da geologi, sismologi ed ingegneri.

L'ESI 2007 è strutturata in dodici gradi alla stessa stregua delle scale macrosismiche classiche. Un nuovo metodo di classificazione dei terremoti, che, a differenza delle scale tradizionali basate sul danneggiamento agli edifici, attribuisce l'Intensità esclusivamente sugli effetti ambientali, rendendo possibile la classificazione dei terremoti anche nelle aree deserte o scarsamente abitate, dove gli effetti sulle strutture antropiche sono assenti o poco diffusi e di conseguenza l'intensità deve necessariamente basarsi sugli effetti sull'ambiente, elementi obiettivi ed indipendenti dal grado di sviluppo o dal livello economico dell'area affetta dal terremoto. Inoltre, risulta indispensabile

hidrológicos, geomorfológicos y botánicos por los diversos grados de intensidad, diferenciando en dos grandes categorías los efectos sismo-inducidos:

- efectos primarios, consistentes en formación superficial de fallas, fenómenos de uplift y de subsidencia de origen tectónica;

- efectos secundarios, que incluyen ruptura del suelo, procesos de licuefacción (volcancillos de arena, expansiones laterales, etc.), fenómenos de desmoronamientos (colapsos, volcamientos, deslizamientos, sackungen, etc.), variaciones hidrológicas (variaciones de caudal de fuentes, ríos, pozos; enturbiamiento, variaciones de las propiedades químico-físicas de fuentes, ríos y pozos), de último los tsunamis, oleaje anómalo, incluso la sacudida de árboles.

Los efectos primarios se observan generalmente por encima de un cierto umbral de magnitud y se manifiestan a partir del VIII grado, salvo en algunas zonas volcánicas donde eventos sísmicos muy superficiales pueden dar lugar a efectos primariosaún en el VII grado; resultan caracterizados por la Intensidades comprendidas entre el VIII y el X grado, y seguramente diagnosticados por intensidades equivalentes al XI y XII grado. Podemos, por tanto, atribuir el valor de la Intensidad epicentral de un terremoto sobre la base de la dimensión de la falla reconocida sobre el terreno, con base en su longitud total y en la dislocación máxima observada, y contextualmente sobre la base de la distribución en el área de los efectos secundarios (amplitud, frecuencia, dimensión, volumen de materiales movilizados, etc.).

En conclusión, se puede decir que la intensidad macrosísmica, no obstante ser el único parámetro usado para la descripción de un terremoto, resulta hoy por hoy el parámetro más importante para la definición de lo sísmico, y en esta óptica el uso de la nueva escala ESI 2007, integrando la información disponible, contribuye atener un cuadro más exhaustivo del fenómeno terremoto. Ella representa una clave de lectura de los efectos sismo-inducidos, un nuevo acercamiento en el estudio de los terremotos que, de hecho, puede ser utilizado a escala local, regional y nacional, para una correcta programación del uso del territorio ya sea con fine urbanos (construcción, industria, infraestructura, etc.) como para la tutela y la salvaguardia del ambiente natural.

La ESI 2007 fue ratificada por la INQUA (International Unionfor Quaternary Research) durante el XVII INQUA

per i terremoti con intensità maggiori o uguali al X grado, quando la maggior parte del costruito risulta spesso distrutto, mentre gli effetti sul terreno continuano ad essere presenti e quindi gli unici ad essere diagnostici.

Il vantaggio principale della nuova scala ESI 2007 (Michetti et al., 2007) è nella classificazione, quantificazione e misura di numerosi aspetti geologici, tettonici, idrologici, geomorfologici e botanici per i diversi gradi di intensità, differenziando in due grandi categorie gli effetti sismoindotti:

- *effetti primari, consistenti in fagliazioni superficiali, fenomeni di uplift e di subsidenza di origine tettonica;*

- *effetti secondari, che includono fratturazioni del suolo, processi di liquefazione (vulcanelli di sabbia, espandimenti laterali, etc), fenomeni franosi (crolli, ribaltamenti, scorrimenti, sackungen, etc), variazioni idrologiche (variazioni di portata di sorgenti, fiumi, pozzi, intorbidamento, variazioni delle proprietà chimico-fisiche di sorgenti, fiumi e pozzi), non ultimi gli tsunami, le onde anomale, nonché lo scuotimento degli alberi.*

Gli effetti primari si osservano generalmente al di sopra di una certa soglia di magnitudo e si manifestano a partire dall'VIII grado, salvo in alcune zone vulcaniche dove eventi sismici molto superficiali possono dare luogo ad effetti primari anche al VII grado; diventano caratterizzanti per le Intensità comprese tra l'VIII ed il X grado, e sicuramente diagnostici per intensità pari all' XI e XII grado. Possiamo dunque, attribuire il valore dell'Intensità epicentrale di un terremoto sulla base della dimensione della faglia riconosciuta sul terreno, in base alla sua lunghezza totale ed alla dislocazione massima osservata, e contestualmente sulla base della distribuzione areale degli effetti secondari (ampiezza, frequenza, dimensioni, volumi di materiali mobilizzati, etc).

In conclusione, si può dire che l'Intensità macrosismica, pur non essendo l'unico parametro usato per la descrizione di un sisma, risulta a tutt'oggi il parametro più importante per la definizione dell'hazard sismico, e in quest'ottica l'uso della nuova scala ESI 2007, integrando le informazioni disponibili, contribuisce ad avere un quadro più esaustivo del fenomeno terremoto. Essa rappresenta una chiave di lettura degli effetti sismoindotti, un nuovo approccio nello studio dei terremoti, che di fatto può

Congress levado a cabo en Cairns (Australia) en 2007. En el ámbito de un equipo internacional (INQUA TERPRO Project), el grupo de trabajo italiano formado por expertos investigadores del CNR, del APAT-ISPRA y de la Università dell'Insubria, fue el proponente principal.

Actualmente, la escala ESI 2007 ha sido recomendada por la RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES para la recolección de los efectos producidos en el ambiente físico por parte de terremotos ya desde 2008, lo cual fue traducido en nueve lenguas: inglés, italiano, español, alemán, ruso, griego, holandés, japonés y coreano; es ampliamente utilizada para la evaluación de la intensidad de los terremotos recientes e históricos, en los países del Mediterráneo (Grecia, España, Eslovenia, Italia, Israel) y más en general de Europa (Rusia, Alemania, Suecia, Portugal, Turquía, etc.), en Asia (China, Pakistán, Afganistán, Taiwán, Japón, Filipinas, Corea), en Suramérica (Colombia, Ecuador , Venezuela, Perú), con una abundante producciónciéntifica para cuya consulta véase el sito: http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/inqua-scale/documenti

3.2.1 La escala de intensidad sísmica ESI 2007 (por Michetti et al., 2007)

Descripción

La escala ESI 2007 está estructurada en doce grados. El título de cada grado refleja la severidad del terremoto y el rol de los efectos sobre el ambiente. En su descripción se indican, en primer lugar, las características de los efectos primarios, osea, la formación de fallas superficiales y las demás deformaciones de origen tectónica. Luego, los efectos secundarios son descritos en términos de área total afectada (para la determinación de la intensidad epicentral), agrupadosen las diversas categorías y ordenados en sentido creciente según el grado en el cual ellos inician a manifestarse. El texto en cursiva pone en evidencia las descripciones consideradas mayormente diagnósticas para dicho grado de intensidad.

essere utilizzato a scala locale, regionale e nazionale, per una corretta programmazione dell'uso del territorio sia ai fini urbanistici (edilizia, industrie, infrastrutture etc) sia per la tutela e la salvaguardia dell'ambiente naturale.

La ESI 2007 è stata ratificata dall'INQUA (International Union for Quaternary Research) durante il XVII INQUA Congress tenutosi a Cairns (Australia) nel 2007. Nell'ambito di un team internazionale (INQUA TERPRO Project), il gruppo di lavoro italiano, formato da esperti ricercatori del CNR, dell'APAT-ISPRA e dell'Università dell'Insubria, è stato il proponente principale.

Attualmente la scala ESI 2007 è stata raccomandata dalla RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES per la raccolta degli effetti indotti sull'ambiente fisico dai terremoti già dal 2008, ed è stata tradotta in nove lingue : inglese, italiano, spagnolo, tedesco, russo, greco, olandese, giapponese e coreano; è ampiamente utilizzata per la valutazione dell'Intensità dei terremoti recenti e storici, nei paesi del Mediterraneo (Grecia, Spagna, Slovenia, Italia, Israele) e più in generale dell'Europa (Russia, Germania, Svezia, Portogallo, Turchia, etc), in Asia (Cina, Pakistan, Afganistan, Taiwan, Giappone, Filippine, Corea), in Sud America (Colombia, Ecuador, Venezuela, Perù), con un'abbondante produzione scientifica per la cui consultazione si rimanda al sito: http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/inqua-scale/documenti

3.2.1 La scala di intensità sismica ESI 2007 (da Michetti et al., 2007)

Descrizione

La scala ESI 2007 è strutturata in dodici gradi. Il titolo di ciascun grado riflette la severità del terremoto ed il ruolo degli effetti sull'ambiente. Nella descrizione sono riportate in primo luogo le caratteristiche degli effetti primari ossia la fagliazione superficiale e le altre deformazioni di origine tettonica. Quindi gli effetti secondari sono descritti in termini di area totale di occorrenza (per la valutazione dell'intensità epicentrale), raggruppati nelle diverse categorie e ordinati in senso crescente a seconda del grado in cui essi iniziano a manifestarsi. Il testo in corsivo evidenzia le descrizioni ritenute maggiormente diagnostiche per il dato grado di intensità.

Los efectos primarios directamente ligados a la energía sísmica y, en particular, ala expresión en superficie del a fuente sismogenética, se expresanen términos de dos parámetros fundamentales: 1) la longitud total dela ruptura en superficie (SRL, total surface rupture length), y 2) el desplazamiento máximo a ella asociado (MD, maximum displacement). Se observan generalmente por encima de un cierto umbral de magnitud y se manifiestan en general a partir del VIII grado ESI, salvo en algunas zonas volcánicas donde eventos sísmicos muy superficiales pueden dar lugar a efectos primarios y a en el VII grado. Forman partede los efectos primarios también las deformaciones de la superficie topográfica de naturaleza tectónica (uplift, subsidencia).

Los efectos secundarios, inducidos por la sacudida sísmica, se clasifican en ocho categorías principales:

1. Anomalías hidrológicas: en esta categoría están comprendidas las variaciones en el caudal de las fuentes y de los cursos de agua y las modificaciones de las propiedades químico-físicas de las aguas superficiales y subterráneas (ej.: temperatura, turbidez). Se diagnostican a partir del IV hasta el X grado.

2. Oleaje anómalo y tsunamis: Esta categoría compren de todas las olas anómalas, de las pequeñas olas de seicheen cuencas cerradas, estanques, lagos y presas, hasta las olas anómalas ligadas a maremotos. Las alturas varían de pocos centímetros a algunas decenas de metros. Se manifiestan a partir del IV hasta el XII grado.

3. Fisuras en el terreno: las fisuras en el terreno se describen en términos de su longitud (de centímetros hasta algunos cientos de metros), de anchura (de milímetros a metros) y de densidad de área. Se diagnostican a partir del IV hasta el X grado.

4. Movimientos de laderas: Esta categoría incluye todas las tipologías de procesos gravitacionales, incluyendo caída de rocas, deslizamientos y flujo de tierra. En igualdad de condiciones predisponentes (energía de importancia, litología) son considerados elementos útiles para la evaluación de la intensidad el volumen y el área total en derrumbes. Estos efectos son evidentes a partir de intensidad IV hasta la intensidad X.

Gli effetti primari direttamente legati all'energia del terremoto e, in particolare, alla manifestazione in superficie della faglia sismogenetica, sono espressi in termini di due parametri fondamentali: la lunghezza totale della rottura in superficie (SRL, total surface rupture length), e la massima dislocazione ad essa associata (MD, y maximum displacement). Si osservano generalmente al di sopra di una certa soglia di magnitudo e si manifestano in genere a partire dall'VIII grado ESI, salvo in alcune zone vulcaniche dove eventi sismici molto superficiali possono dare luogo ad effetti primari già al VII grado. Rientrano negli effetti primari anche le deformazioni della superficie topografica di natura tettonica (uplift, subsidenza).

Gli effetti secondari, indotti dallo scuotimento sismico, sono classificati in otto categorie principali:

1. *Anomalie idrologiche: in questa categoria sono comprese le variazioni di portata delle sorgenti e dei corsi d'acqua e le modificazioni delle proprietà chimico-fisiche delle acque superficiali e sotterranee (es. temperatura, torbidità). Sono diagnostici a partire dal IV fino al X grado.*

2. *Onde anomale/tsunami: questa categoria comprende tutte le onde anomale dalle piccole onde di sessa in specchi lacustri, fino alle onde anomale legate a maremoti. Le altezze variano da pochi centimetri ad alcune decine di metri. Si rilevano a partire dal IV fino al XII grado.*

3. *Fratture al suolo: le fratture nel terreno sono descritte in termini di lunghezza (da centimetrica fino a qualche centinaio di metri), di ampiezza (da millimetrica a metrica), di densità areale. Sono diagnostiche a partire dal IV fino al X grado.*

4. *Movimenti di versante: in questa classe sono comprese tutte le tipologie di fenomeni franosi, dai crolli agli scivolamenti, agli scoscendimenti, fino alle colate di terra. A parità di condizioni predisponenti (energia di rilievo, litologia) sono considerati elementi utili per la valutazione dell'intensità il volume e l'area totale in frana. Sono diagnostici a partire dal IV fino al X grado.*

5. *Scuotimenti degli alberi (trees'shaking): sono diagnostici a partire dal IV fino al XI grado. La*

5. Sacudidas de los árboles (trees'shaking): estos efectos se diagnostican a partir del IV hasta el XI grado. La definición del grado de intensidad sigue la propuesta por Dengler & McPherson (1993).

6. Licuefacción del terreno: comprenden todos los efectos imputables al fenómeno de la licuefacción, a saber, los pequeños volcanes de arena, la eyección de agua y arena, algunas tipologías de expansión lateral, compactación y subsidencia del terreno. Las dimensiones de los fenómenos concurren a establecer el grado de intensidad. Se diagnostican a partir del V hasta el X grado.

7. Nubes de polvo: se observanen las zonas generalmente áridas o secas, a partir del VIII grado.

8. Desplazamiento de rocas: las dimensiones máximas de los peñascos que del terreno son lanzadas hacia arriba y la huella dejada en el suelo son factores diagnósticos para la atribución del grado de intensidad. Se observan a partir del IX grado hasta el XII. Estas evidencias muestran que aceleraciones del suelo superiores a las de la gravedad se pueden producir a partir del IX grado.

Los efectos ambientales son, por tanto, observables y de fácil identificación a partir del IV grado. Del I al III grado, los efectos ambientales se observan en algunas tipologías especialmente en el campo hidrológico.

Definición de los Grados de Intensidad

De I a III: No hay efectos sobre el ambiente que puedan ser usados como diagnósticos para la evaluación del grado de intensidad.

IV AMPLIAMENTE ADVERTIDO. Primeros e inequívocos efectos sobre el ambiente.

Efectos primarios ausentes.

Efectos secundarios

a) En raras ocasiones suceden pequeñas variaciones locales del nivel hídrico en los pozos y/o del caudal de las fuentes, además de muy raras y mínima variaciones de las propiedades químico-físicas de las aguas y de la

definizione del grado di intensità segue quella proposta da Dengler & McPherson (1993).

6. *Liquefazioni: sono compresi tutti gli effetti imputabili al fenomeno della liquefazione, ovvero i vulcanelli di sabbia, le fontane di acqua e sabbia, alcune tipologie di espandimento laterale, di compattazione e di subsidenza. Le dimensioni dei fenomeni concorrono a stabilire il grado di intensità. Sono diagnostici a partire dal V fino al X grado.*

7. *Nuvole di polvere: sono osservabili nelle zone generalmente aride/secche, a partire dall'VIII grado.*

8. *Massi saltanti: le dimensioni massime dei massi che dal terreno vengono scagliati verso l'alto e l'impronta lasciata sul suolo sono fattori diagnostici ai fini dell'attribuzione del grado di intensità. Sono osservabili a partire dal IX grado fino al XII. Queste evidenze mostrano che accelerazioni del suolo superiori a quella di gravità si possono produrre a partire dal IX grado.*

Gli effetti ambientali sono pertanto osservabili e di facile identificazione a partire dal IV grado. Dal I al III grado, gli effetti ambientali sono osservabili in alcune tipologie specialmente nel campo idrologico.

Definizione dei Gradi di Intensità

Da I a III: Non ci sono effetti sull'ambiente che possono essere usati come diagnostici per la valutazione del grado di intensità.

IV AMPIAMENTE AVVERTITO / Primi inequivocabili effetti sull'ambiente

Gli effetti primari sono assenti.

Effetti secondari

a) In rari casi si osservano modeste variazioni locali del livello idrico nei pozzi e/o della portata delle sorgenti, nonché assai rare e modeste variazioni delle proprietà chimico-fisiche delle acque e della torbidità nelle sorgenti e nei pozzi, con particolare riferimento alle sorgenti

turbidez en las fuentes y en los pozos, especialmente en los acuíferos kársticos, que resultan más propensos a este fenómeno.

b) En cuencas cerradas (lagos, a veces incluso mares), se pueden producir seiches de altura no superior a algunos centímetros, registrables únicamente por los mareógrafos y solo excepcionalmente a simple vista. Típicamente se verifican en el área de farfield de fuertes terremotos. Oleaje anómalo es percibido por los que se encuentran en pequeñas embarcaciones, solamente por algunos de quienes se hallan sobre embarcaciones de mayores dimensiones y por la mayor parte de quienes se encuentranen la orilla. El agua en las piscinas se agita y en algunos casos se desborda.

c) Grietas muy sutiles (anchura milimétrica) pueden ocasionalmente producirse allí donde la litología (ej. depósitos aluviales poco compactados, terrenos saturados) y/o la morfología (ej. laderas o cimas de colinas) son particularmente favorables a este fenómeno.

d) Excepcionalmente pueden verificarse derrumbes y reactivarse pequeños deslizamientos de tierras, a lo largo de laderas que se encuentran en condiciones de equilibrio inestable (ej. laderas muy escarpadas, cortes viales en terrenos con material coluvial y generalmente saturados).

e) Las ramas de los árboles sesacuden débilmente.

V FUERTE. Efectos marginales sobre el ambiente.

Efectos primariosausentes.

Efectos secundarios

a) Raramente se registran variaciones locales del nivel hídrico en los pozos y/o de caudal de los manantiales, y pequeñas variaciones de las propiedades químico-físicas de las aguas, de la turbidez en lagos, fuentes y pozos.

b) En las cuencas cerradas (lagos, e incluso mares), se pueden producir seiches de altura de unos decímetros, a veces visibles a simple vista: típicamente se verifican en el área de farfield de fuertes terremotos. Oleaje anómalo de altura incluso equivalentes a diversas decenas de centímetros son percibidas por todos los que se hallan en barco o en la orilla. El agua en las piscinas rebalsa.

dei sistemi carsici, che risultano più soggette a questi fenomeni.

b) In bacini chiusi (laghi, talvolta anche mari), si possono produrre sesse di altezza non superiore ad alcuni centimetri, registrabili unicamente dai mareografi e solo eccezionalmente ad occhio nudo. Tipicamente si verificano nell'area di farfield di forti terremoti. Onde anomale sono avvertite da tutti coloro che si trovano su piccole imbarcazioni, solamente da alcuni che si trovano su battelli di maggiori dimensioni, e dalla maggior parte di chi si trova sulla riva. L'acqua nelle piscine oscilla e in alcuni casi fuoriesce.

c) Fratture molto sottili (ampiezza millimetrica) possono occasionalmente prodursi laddove la litologia (cfr. depositi alluvionali sciolti, terreni saturi) e/o la morfologia (cfr. versanti o creste) sono particolarmente favorevoli a questo fenomeno.

d) Eccezionalmente possono verificarsi crolli e (ri) attivarsi piccoli movimenti franosi, lungo versanti che si trovano in condizioni di equilibrio limite (cfr. versanti molto ripidi, tagli stradali in terreni sciolti e generalmente saturi).

e) I rami degli alberi si scuotono debolmente.

V FORTE / Effetti ambientali marginali

Gli effetti primari sono assenti.

Effetti secondari

a) Raramente si registrano variazioni locali del livello idrico nei pozzi e/o di portata delle sorgenti, nonché modeste variazioni delle proprietà chimico-fisiche delle acque, della torbidità in laghi, sorgenti e pozzi.

b) Nei bacini chiusi (laghi, talvolta anche mari), si possono produrre sesse di altezza decimetrica, talvolta visibili ad occhio nudo: tipicamente si verificano nell'area di far field di forti terremoti. Onde anomale di altezza anche pari a diverse decine di centimetri sono percepite da tutti coloro che si trovano in barca o sulla riva. L'acqua nelle piscine tracima.

c) Grietas finas (anchura milimétrica, longitud de unos centímetros a algún metro) se producen allí donde la litología (depósitos aluviales poco compactos, terrenos saturados) y/o la morfología (laderas y crestas) son particularmente favorables a este fenómeno.

d) Raramente se pueden verificar pequeños derrumbes, desplazamientos rotacionales y flujos, sobre laderas en condiciones de equilibrio inestable, a menudo, pero no necesariamente, muy escarpadas, sobre terrenos generalmente poco compactados y saturados. Pueden suceder derrumbes submarinos capaces de provocar pequeñas olas anómalas sobre las costas marítimas y lacustres.

e) Las ramas de los árboles y los arbustos se sacuden ligeramente y muy raramente, caen ramas secas y frutos maduros.

f) Se observan muy raros eventos de licuefacción (volcanes dearena, sandboils) de pequeñas dimensionesyenlasáreas mayormente favorables a este fenómeno (depósitos recientes, aluviales y costeros, altamente susceptibles, con nivel freático muy somero).

VI LEVEMENTE DAÑINO. Efectos ambientales moderados.

Los efectos primarios están ausentes.

Efectos secundarios

a) Variaciones significativas del nivel hídrico en los pozos y/o del caudal de las fuentes se registran localmente, además de modificaciones de las propiedades químico-físicas del agua y de la turbidez en lagos, fuentes y pozos.

b) Oleaje anómalo, hasta varias decenas de centímetros pueden inundar un área muy limitada próxima a la línea de costa. El agua sale de las piscinas y de pequeños contenedores de agua.

c) Ocasionalmente, se observan fracturas de anchura milimétrico-centimétrica y de longitud incluso demuchos metros en depósitos aluviales poco compactos y/o en terrenos saturados; a lo largo de laderas escarpadas o márgenes de ríos pueden ser amplias, entre 1 y 2 cm. Se forman pequeñas grietas en la pavimentación vial (ya sea en asfalto como en piedra).

c) Fratture sottili (ampiezza millimetrica e lunghezza centimetrica fino ad un metro) si producono laddove la litologia (cfr. depositi alluvionali sciolti, terreni saturi) e/o la morfologia (versanti e creste) sono particolarmente favorevoli a questo fenomeno.

d) Raramente si possono verificare piccoli crolli, scorrimenti rotazionali e colate di terra, su versanti in condizioni di equilibrio limite, spesso ma non necessariamente molto ripidi, su terreni generalmente sciolti e saturi. Possono attivarsi frane sottomarine in grado di indurre piccole onde anomale sulle coste di mari e laghi.

e) I rami degli alberi e i cespugli si scuotono leggermente e, molto raramente, cadono rami secchi e frutti maturi.

f) Si osservano assai rari casi di liquefazione (vulcanelli di sabbia, sand boils) di piccole dimensioni e nelle aree maggiormente favorevoli a questo fenomeno (depositi recenti, alluvionali e costieri, altamente suscettibili, con falda prossima al piano campagna).

VI LIEVEMENTE DANNOSO / Effetti ambientali modesti

Gli effetti primari sono assenti.

Effetti secondari

a) Variazioni significative del livello idrico nei pozzi e/o della portata delle sorgenti si registrano localmente, nonché modifiche delle proprietà chimico-fisiche dell'acqua e della torbidità in laghi, sorgenti e pozzi.

b) Onde anomale alte fino a diverse decine di centimetri possono allagare un'area molto limitata prossima alla linea di costa. L'acqua fuoriesce dalle piscine e da piccoli stagni e specchi d'acqua.

c) Occasionalmente, si osservano fratture di ampiezza millimetrico-centimetrica e di lunghezza anche di parecchi metri in depositi alluvionali sciolti e/o in terreni saturi; lungo versanti ripidi o argini di corsi d'acqua possono essere ampie 1-2 cm. Fratture minori si formano nella pavimentazione stradale (sia in asfalto che in pietra).

d) Pueden verificarse derrumbes y fenómenos de corrimiento de tierras con volúmen es hasta por el orden de los 1000 m^3, especialmente en condiciones de equilibrio inestable (laderas escarpadas y cortes, terrenos sueltos saturados o rocas profundamente alteradas y/o fracturadas). Ocasionalmente se pueden verificar pequeños desplazamientos submarinos causando pequeños oleajes anómalos en las zonas costeras de mares y lagos, usualmente registrados instrumentalmente.

e) Árboles y arbustos se sacuden de moderada a fuertemente, según la especie,la carga de frutas y el estado de salud de la planta; pocas cimas de árboles y ramas inestables o secas pueden romperse y caer.

f) Se reportan raros casos de licuefacción (sand boil), de pequeño tamaño, en las áreas mayormente favorables a este fenómeno (depósitos recientes, aluviales y costeros, altamente susceptibles, con nivel freático muy somero).

VII DAÑINO. Efectos significativos sobre el ambiente.

Efectos primarios: se observan muy raramente, y casi exclusivamente en áreas volcánicas. Limitada zona de fallas superficiales de decenas a centenas de metros de longitud y residuos de unos centímetros puede producirse, asociada fundamentalmente a terremotos muy superficiales.

Efectos secundarios: el área totalafectada por efectos secundarios está por el orden de los 10 km^2.

a) Se registran localmente significativas variaciones temporales del nivel hídrico en los pozos y/o del caudal de las fuentes. Raramente, pequeños manantiales pueden temporalmente secarse o pueden aflorarnuevos. Localmente se observan modestas variaciones de la propiedad químico-física de las aguasy de la turbidezen lagos, fuentes e pozos.

b) Oleaje anómalo alto, inclusive de más de un metro, pueden inundar las zonas próximas a la línea de orilla y dañar o remover objetos de variadas dimensiones. El agua rebalsa de pequeñas cuencas y ríos.

c) Grietas amplias hastade 5 a 10 cm y de longitud superior al centenar de metros se observan comúnmente en los depósitos aluviales sueltos y/o en los terrenos saturados; raramente se producen grietas de anchurade hasta de 1 cm en terrenos arenosos secos, arenosos-

d) Possono verificarsi crolli e fenomeni franosi con volumi fino all'ordine di grandezza dei 1000 m^3, specialmente in condizioni di equilibrio limite (cfr. versanti ripidi e tagli, terreni sciolti saturi o rocce profondamente alterate e/o fratturate). Frane sottomarine si possono occasionalmente attivare causando piccole onde anomale nelle zone costiere di mari e laghi, di solito registrate strumentalmente.

e) Alberi e cespugli oscillano da moderatamente a fortemente; a seconda della specie, del carico di frutti e dello stato di salute della pianta, poche cime di alberi e rami instabili o secchi possono rompersi e cadere.

f) Rari casi di liquefazione (sand boil), di piccole dimensioni, sono riportati nelle aree maggiormente favorevoli a questo fenomeno (depositi recenti, alluvionali e costieri, altamente suscettibili, con falda prossima al piano campagna).

VII DANNOSO / Significativi effetti sull'ambiente

Effetti primari: si osservano assai raramente, e quasi esclusivamente in aree vulcaniche. Limitata fagliazione superficiale, da decine a centinaia di metri di lunghezza e rigetti centimetrici, può prodursi, associata fondamentalmente a terremoti molto superficiali.

Effetti secondari: l'area totale interessata da effetti secondari è nell'ordine dei 10 km^2.

a) Si registrano localmente significative variazioni temporanee del livello idrico nei pozzi e/o della portata delle sorgenti. Di rado, piccole sorgenti possono temporaneamente essiccarsi o ne possono affiorare di nuove. Localmente si osservano modeste variazioni della proprietà chimico-fisica delle acque e della torbidità in laghi, sorgenti e pozzi.

b) Onde anomale alte anche più di un metro possono allagare le zone prossime alla linea di riva e danneggiare o rimuovere oggetti di varie dimensioni. L'acqua fuoriesce da piccoli bacini e corsi d'acqua.

c) Fratture ampie fino a 5-10 cm e di lunghezza superiore al centinaio di metri si osservano comunemente nei depositi alluvionali sciolti e/o nei terreni saturi; raramente

arcillosos y arcillosos. Grietas de anchura centimétrica son comunes en la pavimentación vial (asfalto o piedra).

d) Se aprecian difusos fenómenos de deslizamiento en las zonas en equilibrio inestable (laderas escarpadas de terrenos poco compactos y/o saturados), mientras derrumbes de entidad moderada son comunes en las paredes de los barrancos, desfiladeros y escolleras. Su dimensiónes, a veces, significativa (10^3-10^5 m^3); en terrenos arenosos secos, arenosos-arcillosos y arcillosos los volúmenes son generalmente inferiores a 100 m^3. Rupturas, deslizamientos y derrumbes pueden afectar los márgenes de los cuerpos de agua, y las excavaciones artificiales (cortes viales, canteras) en sedimentos sueltos o en rocas alteradas/fracturadas. Se pueden provocar corrimientos de tierras submarinas de una cierta envergadura que determinan olas anómalas en las zonas costeras de mares y lagos, percibidas directamente por la gente sobre barcas y en los puertos.

e) Árboles y arbustos oscilan vigorosamente; especialmente en las zonas de bosque tupido muchas ramas y copas de los árboles se rompen y caen.

f) Raros casos de licuefacción se documentan, con volcancillos de arena (sand boils) que pueden alcanzar los 50 cm de diámetro, en las zonas mayormente favorables a esto fenómeno (depósitos recientes, aluviales y costeros altamente susceptibles, con nivel freático muy somero)

VIII MUY DAÑINO. Efectos extendidos sobre el ambiente.

Efectos primarios: se observan raramente.

Se pueden producir rupturas del terreno (formación superficial de fallas) hasta de varios centenares de metros, con separaciones de hasta pocos centímetros, sobre todo a causa de terremotos cuyo hipocentro está muy superficial como los que comúnmente afectan las áreas volcánicas. Se pueden verificar también hundimientos o alzamientos tectónicos de la superficie topográfica, con valores máximos por el orden de unos pocos centímetros.

Efectos secundarios:
a) Variaciones generalmente temporales del caudal y/o de la posición altimétrica (sobrepresión) pueden afectar a las fuentes. Algunas de ellas pueden incluso secarse. Se verifican oscilaciones del nivel hídrico en los pozos. Modestas variaciones de las propiedadesquímico-físicas

si producono fratture di ampiezza fino ad 1 cm in terreni sabbiosi asciutti, sabbioso-argillosi ed argillosi. Fratture di ampiezza centimetrica sono comuni nella pavimentazione stradale (asfalto o pietra).

d) Diffusi fenomeni franosi si verificano nelle zone in equilibrio instabile (versanti ripidi di terreni sciolti/saturi), mentre crolli di modesta entità sono comuni sulle pareti di gole e scogliere. La loro dimensione è talvolta significativa (10^3 - 10^5 m^3); in terreni sabbiosi asciutti, sabbioso-argillosi ed argillosi i volumi sono generalmente inferiori a 100 m^3. Rotture, scivolamenti e crolli possono interessare gli argini dei corsi d'acqua, e gli scavi artificiali (tagli stradali, cave) in sedimenti sciolti o in rocce alterate/fratturate. Si possono innescare frane sottomarine di una certa entità che determinano onde anomale nelle zone costiere di mari e laghi, percepite direttamente dalla gente sulle barche e nei porti.

e) Alberi e cespugli oscillano vigorosamente; specialmente nelle zone a bosco fitto molti rami e cime degli alberi si spezzano e cadono.

f) Rari casi di liquefazione sono documentati, con vulcanelli di sabbia (sand boils) che possono raggiungere i 50 cm di diametro, nelle zone maggiormente favorevoli a questo fenomeno (depositi recenti, alluvionali e costieri, altamente suscettibili, con falda prossima al piano campagna).

VIII ASSAI DANNOSO / Estesi effetti sull'ambiente

Effetti primari: si osservano raramente.

Si possono produrre rotture del terreno (fagliazione superficiale) fino a diverse centinaia di metri, con rigetti fino a pochi centimetri, soprattutto per terremoti il cui ipocentro è molto superficiale, quali quelli che comunemente interessano le aree vulcaniche. Si possono anche verificare abbassamenti o sollevamenti tettonici della superficie topografica, con valori massimi dell'ordine di pochi centimetri.

Effetti secondari:

a) Variazioni generalmente temporanee della portate e/o della quota di emergenza possono interessare le sorgenti. Alcune di esse possono anche essiccarsi. Oscillazioni del

de las aguas, sobre todo de la temperatura, se pueden observar e en lasfuentesy/o en los pozos. La turbidez delagua puede resultar evidente en volúmenes de agua cerrados, cursos de agua, pozos y fuente. Se encuentran localmente emisiones de gas, a menudo sulfurosas.

b) Olas anómalas de altitud superior a 1 o 2 metros inunda las zonas próximas a la línea de ribera y soncapaces de dañar o remover objetos de varias dimensiones. Se observa sobre las playas la remoción y reasentamiento de desechos, algunos arbustos e incluso pequeños árboles débilmente enraizados pueden se arrancados y removidos. EL agua rebalsa con fuerza desde pequeñas cuencas y cursos de agua.

c) Fracturas de amplitud de hasta 50 cm y longitud aún de centenares de metros se producen en depósitos aluviales poco compactos y/o en terrenos saturados; en raros casos es posible observar grietas de hasta 1 cm en rocas secas. Fracturas decimétricas son comunes en la pavimentación vial (asfalto y piedra), como también pequeñas olas de presión (pressure undulations).

d) Fenómenosde deslizamientos, de dimensiones de pequeñas a modestas (10^3 - 10^5 m^3), son ampliamente difundidos en las zonasmás favorables a su aparición; raramente, pueden verificarse incluso sobre laderas poco pendientes; en condiciones de equilibrio inestable (laderas empinadas de terrenos sueltos/saturados; derrumbes sobre paredes de barrancos y escolleras) su dimensión es a veces superior (10^5 - 10^6 m^3). Tales fenómenos de corrimiento de tierras pueden ocasionalmente bloquear los valles estrechos, determinando la formación temporal, o inclusive permanente, de un lago. Rupturas, deslizamientos y derrumbes afectan los márgenes de los cursos de agua y las excavaciones artificiales (ej. cortes viales, canteras) en sedimentos sueltos o en rocas alteradas/fracturadas. En las zonas costeras, son frecuentes los deslizamientos submarinos.

e) Los árboles oscilan vigorosamente; las ramas se pueden romper y caer e incluso los árboles arrancarse, especialmente sobre laderas muy empinadas.

f) En el área epicentral, en función de las condiciones locales, los fenómenos de licuefacción pueden resultar frecuentes; los volcanes de arena pueden alcanzar incluso 1 metro de diámetro; fuentes de agua aparecenen aguas tranquilas; se observan localizadas expansiones laterales (lateral spreading) y hundimientos (subsidencia equivalente aún a 30 cm), con hendiduras

livello idrico sono misurate nei pozzi. Modeste variazioni delle proprietà chimico-fisiche delle acque, soprattutto della temperatura, si possono osservare nelle sorgenti e/o nei pozzi. La torbidità dell'acqua può risultare evidente in specchi d'acqua chiusi, corsi d'acqua, pozzi e sorgenti. Emissioni di gas, spesso sulfuree, sono riscontrate localmente.

b) Onde anomale di altezza superiore a 1-2 metri allagano le zone prossime alla linea di riva e sono in grado di danneggiare o rimuovere oggetti di varie dimensioni. Si osserva sulle spiagge la rimozione e rideposizione di rifiuti, alcuni cespugli e persino piccoli alberi debolmente radicati possono venire sradicati e rimossi. L'acqua tracima con forza da piccoli bacini e corsi d'acqua.

c) Fratture di ampiezza fino a 50 cm e lunghezza anche di centinaia di metri si producono in depositi alluvionali sciolti e/o in terreni saturi; in rari casi è possibile osservare fratture fino a 1 cm in rocce asciutte competenti. Fratture decimetriche sono comuni nella pavimentazione stradale (asfalto e pietra), come anche piccole onde di pressione (pressure undulations).

d) Fenomeni franosi di dimensioni da piccole a modeste (10^3 - 10^5 m^3) sono ampiamente diffusi nelle zone più favorevoli al loro innesco; raramente, possono verificarsi anche su versanti poco pendenti; in condizioni di equilibrio instabile (versanti ripidi di terreni sciolti/saturi; crolli su pareti di gole e scogliere) la loro dimensione è talvolta superiore (10^5 - 10^6 m^3). Tali fenomeni franosi possono occasionalmente sbarrare le valli strette, determinando la formazione temporanea, o persino permanente, di un lago. Rotture, scivolamenti e crolli interessano gli argini dei corsi d'acqua e gli sbancamenti artificiali (cfr. tagli stradali, cave) in sedimenti sciolti o in rocce alterate/fratturate. Nelle zone costiere sono frequenti le frane sottomarine.

e) Gli alberi oscillano vigorosamente; i rami si possono rompere e cadere e persino gli alberi sradicarsi, specialmente su versanti assai pendenti.

f) Nell'area epicentrale, in funzione delle condizioni locali, i fenomeni di liquefazione possono risultare frequenti; i vulcanelli di sabbia possono arrivare anche ad 1 metro di diametro; fontane d'acqua appaiono in acque calme; si osservano localizzate espansioni laterali (lateral

paralelas a las riveras de cursos y depósitos de agua (ej., márgenes fluviales, lagos, canales y líneas de costa).

g) En área epicentral, se puede observar el alzamiento de nubes de polvo del terreno en condiciones particularmente secas.

h) Piedras e incluso pequeños bloques y troncos pueden ser lanzados al aire, dejando típicas huellas en el terreno suave.

IX DESTRUCTIVO. Los efectos sobre el ambiente constituyen una difusa causa de elevada peligrosidad y resultan importantes para la evaluación de la intensidad.

Efectos primarios: comúnmente observados.

Se producen rupturas en el terreno (formación superficial de fallas) de longitud de hasta pocos km, con separaciones generalmente por el orden de diversos cm. Se pueden verificarhundimientos o elevaciones de la superficie topográfica de naturaleza tectónica hasta un máximo de pocos decímetros.

Efectos secundarios:
El área total afectada es de cerca de 1000 km^2.

a) El caudal y/o la ubicación de los manantiales pueden variar, generalmente en el tiempo, aún de manera considerable. Algunas fuentes pueden incluso secarse. También se observan comúnmente oscilaciones temporales del nivel hídrico en pozos y frecuentes variaciones de las propiedades químico-físicas del agua, sobre todo la temperatura en manantiales y/o en pozos. El agua túrbia es un fenómeno común en las cuencas cerradas, en las aguas fluyentes, en los pozos y en los manantiales. Se registran emisiones de gas, en general sulfúreas; los matorrales y la yerba cercanos a las zonas de emisión pueden tomar fuego.

b) Olas de altura de algunos metros se desarrollan en aguas de recorrido superficial (flujos de agua) y en aguas tranquilas. En las planicies aluviales, los flujos de agua puede modificar su propio trazado, incluso por la subsidencia del terreno. Pequeños depósitos de agua pueden formarse o desaparecer. Según la morfología del fondo y de la línea de costa, peligrosos tsunamis pueden alcanzar las costas con run up hasta muchos metros, inundando áreas extensas.

spreading) ed abbassamenti (subsidenza pari anche a 30 cm), con fenditure parallele alle rive di corsi e specchi d'acqua (es., argini fluviali, laghi, canali, linee di costa).

g) In area epicentrale si può osservare il sollevamento di nuvole di polvere dal terreno in condizioni particolarmente secche.

h) Pietre e anche piccoli blocchi e tronchi possono essere scagliati in aria, lasciando tipiche impronte nel terreno soffice.

IX DISTRUTTIVO / Gli effetti sull'ambiente costituiscono una diffusa causa di elevata pericolosità e divengono importanti per la valutazione dell'intensità

Effetti primari: comunemente osservati.

Si producono rotture nel terreno (fagliazione superficiale) di lunghezza fino a pochi km, con rigetti generalmente nell'ordine di diversi cm. Si possono verificare abbassamenti o sollevamenti della superficie topografica di natura tettonica fino ad um massimo di pochi decimetri.

Effetti secondari: L'area totale interessata è nell'ordine di 1000 km^2.

a) La portata e/o l'ubicazione delle sorgenti possono variare, generalmente nel tempo, anche in maniera considerevole. Alcune sorgenti possono anche essiccarsi. Si osservano comunemente anche oscillazioni temporanee del livello idrico nei pozzi, nonché frequenti variazioni delle proprietà chimico-fisiche dell'acqua, soprattutto la temperatura, nelle sorgenti e/o nei pozzi. L'acqua torbida è un fenomeno comune nei bacini chiusi, nei corsi d'acqua, nei pozzi e nelle sorgenti. Si registrano emissioni di gas, in genere sulfuree i cespugli e l'erba vicino alle zone di emissione possono prendere fuoco.

b) Onde di altezza di alcuni metri si sviluppano nelle acque di scorrimento superficiale (corsi d'acqua) nonché in acque tranquille. Nelle piane alluvionali i corsi d'acqua possono anche modificare il proprio tracciato, anche a causa della subsidenza del terreno. Piccoli specchi d'acqua possono formarsi o sparire. A seconda della morfologia del fondale e della linea di costa, pericolosi tsunami possono raggiungere le coste con run up fino a parecchi metri, inondando aree estese.

Sobre las playas, se observa la remoción y re-deposición de desechos; árboles y matorrales pueden ser arrancados y llevados lejos.

X MUY DESTRUCTIVO.Los efectos sobre el ambiente representan una causa substancial de peligrosidad y resultan fundamentales para la evaluación de la intensidad.

Efectos primarios resultan dominantes.

La formación superficial de fallas se desarrolla por algunas decenas de km con separaciones de decenas de cm hasta de pocos metros. Se producen gravity graben y depresiones ensanchadas; por terremotos muy superficiales en áreas volcánicas, la longitud global de la ruptura puede ser significativamente menor. Pueden verificarse elevaciones y hundimientos de la superficie topográfica de naturaleza tectónica por el orden de algunos metros.

Efectos secundarios. El área total afectada es de cerca de 5000 km^2.

a) Se observan variaciones de caudal consistente de muchas fuentes y/o de su cuota de afloramiento. Algunas de ellas pueden surgir o secarse de forma temporánea o, a veces, de manera definitiva. Se observan oscilaciones temporales del nivel hídrico en pozos. Variaciones de las propiedades químico-físicas del agua de manantiales y/o pozos sobre todo de la temperatura, pueden ser consistentes. A menudo el agua se vuelve muy fangosa aún en cuencas más grandes, y en ríos, pozos y manantiales. Se registran emisiones de gas, generalmente sulfúreas y en las áreas circundantes los arbustos y la yerba a veces toman fuego.

b) Olas de altura métrica se forman en lagos y ríos incluso de amplias dimensiones, que salen de los cauces. En las planicies aluviales, los ríos pueden modificar su trazado temporalmente o, a veces, de forma definitiva, incluso a causa de la difusa subsidencia del terreno. Depósitos de agua pueden formarse o desaparecer. Según la morfología del fondo y de la línea de costa, los tsunamis pueden alcanzar las costas con run up superior a los 5 metros, inundando extensamente áreas planas hasta por algunos miles de metros tierra adentro. Bloques de pequeñas dimensiones pueden ser transportadas por varios metros. A lo largo de las costas se observan difusamente fenómenos de intensa erosión que modifican notablemente el perfil de la línea costera. Los árboles sobre la orilla son arrancados y lanzados lejos.

Sulle spiagge si osserva la rimozione e rideposizione dei rifiuti; alberi e cespugli possono essere sradicati e spazzati via.

X MOLTO DISTRUTTIVO / Gli effetti sull'ambiente rappresentano una causa sostanziale di pericolosità e divengono basilari per la valutazione dell'intensità

Effetti primari diventano dominanti.

La fagliazione superficiale si sviluppa per alcune decine di km con rigetti da decine di cm fino a pochi metri. Si producono gravity graben e depressioni allungate; per terremoti molto superficiali in aree vulcaniche la lunghezza complessiva della rottura può essere assai minore. Possono verificarsi sollevamenti e abbassamenti della superficie topografica di natura tettonica dell'ordine di alcuni metri.

Effetti secondari. L'area totale interessata è dell'ordine di 5000 km^2.

a) Si osservano variazioni di portata consistenti di molte sorgenti e/o della loro quota di affioramento. Alcune di esse possono sgorgare o essiccarsi in via temporanea o talvolta in maniera definitiva. Si osservano temporanee oscillazioni del livello idrico nei pozzi. Variazioni delle proprietà chimico-fisiche delle acque di sorgenti e/o pozzi, soprattutto della temperatura, possono essere consistenti. Spesso l'acqua diviene molto fangosa anche in bacini più grandi, nonché in fiumi, pozzi e sorgenti. Si registrano emissioni gassose, generalmente sulfuree, e nelle aree ad esse limitrofe i cespugli e l'erba prendono talvolta fuoco.

b) Onde di altezza metrica si formano in laghi e fiumi anche di ampie dimensioni, che esondano dagli alvei. Nelle piane alluvionali i fiumi possono modificare il loro tracciato temporaneamente o talvolta in via definitiva, anche a causa della diffusa subsidenza del terreno. Specchi d'acqua possono formarsi o scomparire. A seconda della morfologia del fondale e della linea di costa, gli tsunami possono raggiungere le coste con run up superiore a 5 metri, inondando estesamente aree pianeggianti fino ad alcune migliaia di metri nell'entroterra. Blocchi di piccole dimensioni possono essere trasportati per diversi metri. Lungo le coste si osservano diffusamente fenomeni di intensa erosione che modificano notevolmente il profilo della linea di costa. Gli alberi sulla riva sono sradicati e trascinati via.

c) Son frecuentes las grietas abiertas hasta más de un metro y de algunos centenares de metros de longitud, sobre todo en terrenos aluviales poco compactados y/o en terrenos saturados; en rocas compactas la apertura de las fracturas puede alcanzar varios decímetros. La pavimentación vial (asfalto o piedra) es afectada por amplias fracturas y por olas de presión (pressure undulations).

d) Son frecuentes fenómenos de deslaves y derrumbes de grandes dimensiones (>10^5 - 10^6 m^3), independientemente del estado de equilibrio de las laderas, que favorecen la formación de lagos de bloqueo temporáneoo permanente. Los márgenes fluviales y las paredes de excavaciones típicamente colapsan. Márgenes y diques en tierra pueden resultar gravemente dañados. En las áreas costeras son frecuentes los deslaves submarinos.

e) Los árboles oscilan vigorosamente; muchas ramas y troncos de árboles se rompen y caen. Algunos árboles pueden resultar arrancados y caer.

f) Los fenómenos de licuefacción, unidos a los fenómenos de compactación del terreno y de escapes de agua a presión (water upsurge), pueden modificar el aspecto de vastas zonas; los volcanes de arena pueden superar los 6 metros de diámetro; la subsidencia vertical puede superar el metro; son comunes grandes y largas hendiduras debidas a fenómenos de expansión lateral (lateral spreading).

g) En condiciones particularmente secas, es común observar el alzamiento de nubes de polvo desde el terreno.

h) Bloques de diámetro aun superior a los 2 o 3 metros pueden ser lanzados al aire y arrastrados por centenares de metros incluso sobre laderas poco empinadas, dejando las típicas huellas sobre el terreno.

XI DEVASTADOR. Los efectos sobre el ambiente devienen decisivos para la evaluación de la intensidad porque los daños a las estructuras llegan a la saturación.

Los efectos primarios son dominantes.

La ruptura de fallas superficiales se extiende desde varias decenas hasta más de un centenar de km, con desplazamientos que pueden alcanzar muchos metros. Se forman depresiones alargadas, gravity graben y pressure ridges.

c) Sono frequenti le fratture beanti fino ad oltre un metro e lunghe alcune centinaia di metri, soprattutto nei terreni alluvionali sciolti e/o nei terreni saturi; in rocce competenti l'apertura delle fratture può raggiungere diversi decimetri. La pavimentazione stradale (asfalto o pietra) è interessata da ampie fratture, nonché da onde di pressione (pressure undulations).

d) Sono frequenti fenomeni franosi e crolli di grandi dimensioni (>10^5 - 10^6 m^3), indipendentemente dallo stato di equilibrio dei versanti, che favoriscono la formazione di laghi di sbarramento temporanei o permanenti. Gli argini fluviali e le pareti di scavo tipicamente collassano. Argini e dighe in terra possono risultare gravemente danneggiati. Nelle aree costiere sono frequenti le frane sottomarine.

e) Gli alberi oscillano vigorosamente; molti rami e tronchi d'albero si spezzano e cadono. Alcuni alberi possono sradicarsi e cadere.

f) I fenomeni di liquefazione, unitamente ai fenomeni di compattazione del terreno e di fuoriuscite di acqua in pressione (water upsurge), possono modificare l'aspetto di vaste zone; i vulcani di sabbia possono superare i 6 metri di diametro; la subsidenza verticale può superare il metro; sono comuni grandi e lunghe fenditure dovute ai fenomeni di espansione laterale (lateral spreading).

g) In condizioni particolarmente secche è comune osservare il sollevamento di nuvole di polvere dal terreno.

h) Blocchi di diametro anche superiore a 2-3 metri possono venire scagliati in aria e trascinati per centinaia di metri anche su versanti poco pendenti, lasciando tipiche impronte sul terreno.

XI DEVASTANTE / Gli effetti sull'ambiente divengono decisivi per la valutazione dell'intensità poiché i danni alle strutture giungono a saturazione

Gli effetti primari sono dominanti

La fagliazione superficiale si estende per molte decine fino ad oltre un centinaio di km, con rigetti che possono raggiungere parecchi metri. Si formano depressioni allungate, gravity graben e pressure ridges. Le linee di drenaggio possono venire significativamente dislocate.

Las líneas de drenaje pueden ser significativamente desplazadas. Se pueden verificar hundimientos o alzamientos de la superficie topográfica de naturaleza tectónica con valores máximos de varios metros.

Efectos secundarios: el área total afectada está por el orden de los 10,000 km^2.

a) Se observan variaciones significativas de caudal de muchas fuentes y/o de su cuota de afloramiento. Muchas de ellas pueden variar su posición altimétrica (sobrepresión) o secarse temporalmente y a veces definitivamente. Se observan disminuciones temporales del nivel hídrico en pozos. Se observan, además, consistentes variaciones de las propiedades químico-físicas de las aguas de fuentes y/o pozos, sobre todo de su temperatura. A menudo el agua se vuelve muy fangosa aún en grandes cuencas, en ríos, pozos y fuentes. Se registran emisiones de gas, generalmente sulfuroso, y en las áreas colindantes los arbustos y el césped a veces toman fuego.

b) En grandes lagos y en ríos se forman olas e incluso a veces se salen de sus márgenes. En las planicies aluviales los ríos pueden ver modificado su trazado, temporalmente y a veces permanentemente, incluso a causa de difusos fenómenos de deslizamiento y de subsidencia del terreno. Pueden surgir o desaparecer estanques de agua. Según la morfología del fondo y de la línea de costa, los tsunamis pueden alcanzar las costas con runup de hasta 15 metros y más, inundando extensamente áreas planas por kilómetros tierra adentro. Terrones de volumen hasta de un metro pueden ser transportados por largas distancias. A lo largo de las costas se observan dispersos fenómenos de erosión intensa que modifican notablemente la morfología de la costa. Los árboles de la ribera son arrancados y arrastrados lejos.

c) Son muy frecuentes grietas de varios metros de ancho, sobre todo en los depósitos aluviales y/o en los terrenos saturados. En las rocas competentes dichas grietas alcanzan hasta un metro de ancho. La pavimentación vial (asfalto o empedrado) se ve afectada por grietas no muy anchas o por ondas de presión (pressure undulatios).

d) Son frecuentes grandes deslizamientos y derrumbes (> 10^5 - 10^6 m^3), independientemente del estado de equilibrio de las laderas, que favorecen la formación de lagos de obturación temporal o permanente. Las márgenes fluviales, los terraplenes y las paredes de excavaciones colapsan en forma típica. Márgenes y diques en tierra pueden resultar dañados gravemente.

Si possono verificare abbassamenti o sollevamenti della superficie topografica di natura tettonica con valori massimi di diversi metri.

Effetti secondari: l'area totale interessata è nell'ordine di 10.000 km^2.

a) Si osservano variazioni di portata consistenti di molte sorgenti e/o della loro quota di affioramento. Molte di esse possono sgorgare o essiccarsi in via temporanea o talvolta in maniera definitiva. Si osservano temporanee oscillazioni del livello idrico nei pozzi. Si osservano consistenti variazioni delle proprietà chimico-fisiche delle acque di sorgenti e/o pozzi, soprattutto della temperatura. Spesso l'acqua diviene molto fangosa anche in bacini molto grandi, nonché in fiumi, pozzi e sorgenti. Si registrano emissioni gassose, generalmente sulfuree, e nelle aree ad esse limitrofe i cespugli e l'erba prendono talvolta fuoco.

b) Notevoli onde si formano in grandi laghi e nei corsi d'acqua, i quali esondano dal loro alveo. Nelle piane alluvionali i fiumi possono modificare il loro tracciato, in via temporanea ma anche permanente, anche a causa dei diffusi fenomeni franosi e di subsidenza del terreno. Specchi d'acqua possono formarsi o scomparire. A seconda della morfologia del fondale e della linea di costa, gli tsunami possono raggiungere le coste con run up fino a 15 metri e più, inondando estesamente aree pianeggianti per km nell'entroterra. Blocchi di dimensioni anche metriche possono venire trasportati per lunghe distanze. Lungo le coste si osservano diffusamente fenomeni di intensa erosione che modificano notevolmente la morfologia costiera. Gli alberi sulla riva sono sradicati e trascinati via.

c) Fratture di ampiezza anche di diversi metri sono assai comuni, soprattutto nei depositi alluvionali e/o nei terreni saturi. Nelle rocce competenti esse raggiungono il metro di larghezza. La pavimentazione stradale (asfalto o pietra) è interessata da fratture molto ampie e da onde di pressione (pressure undulations).

d) Sono frequenti grandi fenomeni franosi e crolli (> 10^5 - 10^6 m^3), indipendentemente dallo stato di equilibrio dei versanti, che favoriscono la formazione di laghi di sbarramento temporanei o permanenti. Gli argini fluviali, gli sbancamenti artificiali e le pareti di scavo tipicamente collassano. Argini e dighe in terra possono

Derrumbes significativos pueden verificarse a distancias entre los 200 y los 300 km del epicentro. En las zonas costeras se dan frecuentemente amplios derrumbes submarinos.

e) Los árboles se sacuden con fuerza; muchas ramas y troncos se rompen y caen. Muchos árboles se ven arrancados y caen.

f) Los fenómenos de licuefacción modifican el aspecto de extensas áreas de planicies, causando hundimientos verticales, incluso superiores a varios metros, muchos volcanes de arena y considerables fenómenos de expansión lateral.

g) En condiciones particularmente secas es común observar el alzamiento de nubes de polvo del terreno.

h) Grandes terrones (con diámetro de hasta varios metros) pueden ser lanzados al aire y arrastrados lejos por largas distancias aún en laderas poco empinadas, dejando las típicas huellas en el terreno.

XII TOTALMENTE DEVASTADOR. Los efectos sobre el ambiente son el único instrumento para evaluar la intensidad.

Efectos primarios: son dominantes.

La formación superficial de fallas se extiende por centenares de km, con separaciones que pueden alcanzar hasta decenas de metros. Se forman depresiones alargadas, gravity graben y pressure ridges. Las líneas de drenaje pueden ser significativamente desplazadas. Las transformaciones geomorfológicas del paisaje inducidas por los efectos primarios pueden resultar excepcionalmente intensas y extensas (ejemplos típicos son el alzamiento o el hundimiento de muchos metros de las líneas de costa, la formación o el desaparecimiento de la vista de elementos significativos del paisaje, variaciones del trazado de los cursos de agua, desarrollo de cascadas, formación o desaparecimiento de lagos).

Efectos secundarios: El área total afectada es de unos 50000 km^2 o más.

a) Se observan variaciones consistentes de caudal de muchas fuentes y/o de su cuota de surgimiento. Se verifican temporales oscilaciones del nivel hídrico en pozos. Muchas fuentes pueden desbordarse o secarse

risultare gravemente danneggiate. Frane significative possono verificarsi a distanza anche di 200-300 km dall'epicentro. Nelle zone costiere sono frequenti ampie frane sottomarine.

e) Gli alberi oscillano vigorosamente; molti rami e tronchi si spezzano e cadono. Molti alberi vengono sradicati e cadono.

f) I fenomeni di liquefazione modificano l'aspetto di estese aree di pianura, causando abbassamenti verticali anche superiori a diversi metri, parecchi vulcani di sabbia e considerevoli fenomeni di espansione laterale.

g) In condizioni particolarmente secche è comune osservare il sollevamento di nuvole di polvere dal terreno.

h) Grossi blocchi (diametro anche di parecchi metri) possono essere scagliati in aria e trascinati via per lunghe distanze anche su versanti poco pendenti, lasciando tipiche impronte nel terreno.

XII TOTALMENTE DEVASTANTE / Gli effetti sull'ambiente sono l'unico strumento per valutare l'intensità.

Effetti primari: sono dominanti.

La fagliazione superficiale si estende per centinaia di km, con rigetti che possono raggiungere decine di metri. Si formano depressioni allungate, gravity graben e pressure ridges. Le linee di drenaggio possono venire significativamente dislocate. Le trasformazioni geomorfologiche e del paesaggio indotte dagli effetti primari possono risultare eccezionalmente intense ed estese (tipici esempi sono il sollevamento o l'abbassamento di parecchi metri delle linee di costa, la formazione o la scomparsa dalla vista di elementi significativi del paesaggio, variazioni del tracciato di corsi d'acqua, sviluppo di cascate, formazione o scomparsa di laghi).

Effetti secondari: L'area totale interessata è nell'ordine di 50000 km^2 o superiore.

a) Si osservano variazioni di portata consistenti di molte sorgenti e/o della loro quota di affioramento. Temporanee oscillazioni del livello idrico nei pozzi. Molte sorgenti

temporalmente y en ocasiones de forma definitiva. Se observan consistentes variaciones de las propiedades químico-físicos de las aguas de fuentes y/o pozos, en particular la temperatura.

El agua se vuelve muy fangosa incluso en cuencas muy grandes, en ríos, pozos y fuentes. Se registran emisiones de gas, generalmente sulfurosas, en las áreas colindantes. Los arbustos y le césped a veces toman fuego.

b) Se forman olas gigantescas en grandes lagos y ríos, los que desbordan sus márgenes. En las planicies aluviales los ríos pueden modificar su trazado e incluso la dirección del flujo temporal o permanentemente, a causa de derrumbes o subsidencia difusos en el terreno. Extensos estanques de agua pueden formarse o desaparecer. Según la morfología del fondo y de la línea costera, los tsunamis pueden alcanzar las costas con runup de hasta varias decenas de metros, llevando devastación en las áreas planas por varios kilómetros tierra adentro. Terrones grandes pueden ser transportados por largas distancias. A lo largo de las costas se observan fenómenos difusos de intensa erosión con muy notables alteraciones de la morfología costera. Muchos árboles en la ribera son arrancados y arrastrados lejos. Todas las embarcaciones son arrancadas de sus amarras y barridas lejos o transportadas a tierra firme incluso por largas distancias. Todas las personas externamente se ven afectadas.

c) Grietas en el terreno son frecuentes, abiertas incluso por más de un metro en el bedrock y hasta 10 metros en depósitos poco compactados y/o en terrenos saturados. Se extienden por varios kilómetros de longitud.

d) Deslizamientos y derrumbes grandes (> 10^5 - 10^6 m^3) son frecuentes, independientemente del estado de equilibrio de las laderas, que favorecen la formación de lagos de obturación temporales o permanentes. Los márgenes de ríos, los terraplenes artificiales y las paredes de excavaciones colapsan en forma típica. Márgenes y diques en tierra resultan gravemente dañados. Deslizamientos significativos pueden darse a más de 200 o 300 kilómetros del epicentro. En las zonas costeras es común que se den notables deslizamientos submarinos.

e) Los árboles se bambolean vigorosamente; muchas ramas y troncos se rompen y caen. Muchos árboles son arrancados y se precipitan a tierra.

f) Las licuefacciones se dan en áreas muy extensas y modifican la morfología de vastas zonas planas, deter-

possono sgorgare o essiccarsi in via temporanea o talvolta in maniera definitiva. Si osservano consistenti variazioni delle proprietà chimico-fisiche delle acque di sorgenti e/o pozzi, soprattutto della temperatura. L'acqua diviene molto fangosa anche in bacini molto grandi, nonché in fiumi, pozzi e sorgenti. Si registrano emissioni gassose, generalmente sulfuree, e nelle aree ad esse limitrofe i cespugli e l'erba prendono talvolta fuoco.

b) Onde gigantesche si formano in grandi laghi e fiumi, che esondano dal proprio alveo. Nelle piane alluvionali i fiumi possono modificare il loro tracciato e persino la direzione del deflusso in via temporanea o anche permanente, anche a causa dei diffusi fenomeni franosi e di subsidenza del terreno. Estesi specchi d'acqua possono formarsi o sparire. A seconda della morfologia del fondale e della linea di costa, gli tsunami possono raggiungere le coste con run up fino a diverse decine di metri, recando devastazione nelle aree pianeggianti per vari km nell'entroterra. Grossi blocchi possono venire trasportati per lunghe distanze. Lungo le coste si osservano diffusi fenomeni di intensa erosione con notevolissimi sconvolgimenti della morfologia costiera. Molti alberi sulla riva sono sradicati e trascinati via. Tutte le barche sono strappate ai loro ormeggi e spazzate via o trasportate sulla terraferma anche per lunghe distanze. Tutte le persone all'esterno vengono travolte.

c) Fratture nel terreno sono molto frequenti, beanti anche più di un metro nel bedrock, fino anche a 10 metri in depositi alluvionali sciolti e/o in terreni saturi. Si estendono per diversi chilometri in lunghezza.

d) Grandi fenomeni franosi e crolli (> 10^5 - 10^6 m^3) sono frequenti, indipendentemente dallo stato di equilibrio dei versanti, che favoriscono la formazione di laghi di sbarramento temporanei o permanenti. Gli argini fluviali, gli sbancamenti artificiali e le pareti di scavo tipicamente collassano. Argini e dighe in terra risultano gravemente danneggiate. Frane significative possono verificarsi ad oltre 200-300 km dall'epicentro. Nelle zone costiere sono frequenti notevoli frane sottomarine.

e) Gli alberi oscillano vigorosamente; molti rami e tronchi si spezzano e cadono. Molti alberi vengono sradicati e cadono.

f) Le liquefazioni si verificano in aree assai estese e vanno a modificare la morfologia di vaste zone pianeggianti,

minando hundimientos verticales incluso superiores a muchos metros. Se verifican difusos volcanes de arena de grandes dimensiones y extensos y considerables fenómenos de expansión lateral (lateral spreading).

g) En condiciones especialmente secas, es común observar el levantamiento de nubes de polvo en el terreno.

h) Terrones incluso grandes pueden ser lanzados al aire y arrastrados por largas distancias aún sobre laderas poco inclinadas, dejando a su paso las típicas huellas sobre el terreno.

Cómo se utiliza la escala ESI 2007

El uso de la ESI 2007 como un instrumento independiente de evaluación es recomendado solamente para el diagnóstico de los efectos ambientales porque los efectos sobre el ser humano o sobre las construcciones están ausentes o muy escasos (ej. en áreas poco pobladas o desiertas) o porque llegan a la saturación. Obviamente, cuando los datos de los efectos ambientales no están disponibles, la intensidad se establece solo con las escalas macrosísmicas tradicionales basadas en los efectos sobre los humanos y sobre las construcciones.

Cuando se encuentran disponibles ya sea los efectos sobre el ser humano y las construcciones como los efectos sobre el ambiente, es posible estimar dos valores de intensidad de manera independiente. En general, el valor final de intensidad es el mayor entre las dos estimaciones. Naturalmente, en este caso la participación de expertos y peritos es esencial.

La intensidad epicentral (I_0), es decir, la intensidad del terremoto en el epicentro, indica cuál intensidad se habría registrado si hubiese habido un centro habitado en correspondencia con el epicentro. Los parámetros de formación superficial de fallas y el área total de distribución de los efectos secundarios (deslizamientos y/o licuefacción) son dos instrumentos independientes para evaluar I_0 sobre la base de los efectos ambientales, a partir del grado de intensidad VII en adelante (Cuadro 5).

Se ha de dar atención particular cuando los parámetros de formación superficial de fallas se dan en el límite entre dos grados. En tal caso, se recomienda elegir el grado de intensidad más consistente con las características y la distribución de los efectos secundarios.

determinando abbassamenti verticali anche superiori a parecchi metri. Sono diffusi vulcani di sabbia di grandi dimensioni ed estesi e considerevoli fenomeni di espansione laterale (lateral spreading).

g) In condizioni particolarmente secche è comune osservare il sollevamento di nuvole di polvere dal terreno.

h) Blocchi anche molto grandi possono essere scagliati in aria e trascinati via per lunghe distanze anche su versanti poco pendenti, lasciando tipiche impronte nel terreno.

Come si utilizza la scala ESI 2007

L'utilizzo della ESI 2007 come uno strumento indipendente di valutazione viene raccomandato solamente per la diagnosi degli effetti ambientali perché gli effetti sull'uomo o sul costruito sono assenti o troppo scarsi (es. in aree scarsamente abitate o deserte) o perché giungono a saturazione. Ovviamente, quando gli effetti ambientali non sono disponibili l'intensità viene valutata solo con le scale macrosismiche tradizionali basate sugli effetti sull'uomo e sul costruito.

Quando sono disponibili sia effetti sull'uomo e sul costruito, che sull'ambiente è possibile stimare due valori di intensità in maniera indipendente. In generale, il valore finale di intensità è il maggiore tra le due stime. Naturalmente, anche in questo caso è essenziale l'esperienza del rilevatore (corretto giudizio professionale).

L'intensità epicentrale (I_0), ovvero l'intensità dello scuotimento all'epicentro, indica quale intensità si sarebbe registrata se ci fosse stato un centro abitato in corrispondenza dell'epicentro. I parametri di fagliazione superficiale e l'area totale di distribuzione degli effetti secondari (frane e/o liquefazioni) sono due strumenti indipendenti per valutare I_0 sulla base degli effetti ambientali, a partire dal grado di intensità VII in su (Tabella 5).

Particolare attenzione è richiesta quando i parametri di fagliazione superficiale sono al limite tra due gradi. In questo caso è raccomandabile scegliere il grado di intensità più consistente con le caratteristiche e la distribuzione degli effetti secondari.

I_0 INTENSIDAD	EFECTOS PRIMARIOS		EFECTOS SECUNDARIOS
	LONGITUD DE LA FALLA	SEPARACIÓN MAX /DEFORMACIÓN	ÁREA TOTAL
IV	-	-	-
V	-	-	-
VI	-	-	-
VII	(*)	(*)	10 km^2
VIII	Cientos de metros	Centimétrica	100 km^2
IX	1- 10 km	5 - 40 cm	1000 km^2
X	10 - 60 km	40 - 300 cm	5000 km^2
XI	60 - 150 km	300 - 700 cm	10000 km^2
XII	> 150 km	> 700 cm	> 50000 km^2

(*) Rupturas superficiales, debidas a formación limitada de fallas, de diez a cientos de metros con separación de unos centímetros, se pueden verificar en áreas volcánicas, asociadas esencialmente a terremotos muy superficiales.

Cuadro 5 – Para cada grado de intensidad se presentan los intervalos típicos de los parámetros de formación superficial de fallas (efectos primarios) y el área típica de extensión total de los efectos secundarios.

Además, en la evaluación del área total, es recomendable no considerar los efectos aislados que se verifican ocasionalmente en zonas a notable distancia del epicentro. Tal valoración exige obviamente un juicio profesional ad hoc.

La intensidad local se estima esencialmente por medio de la descripción de los efectos secundarios acaecidos en diferentes "sitios" comprendidos todos en un determinado lugar. Este tipo de intensidad debe ser confrontada con la correspondiente información recabada por un análisis macrosísmico tradicional. De todas formas, un "lugar" puede referirse tanto a lugares efectivamente habitados (un pueblo, una ciudad), como a áreas naturales desprovistas de asentamientos humanos. Cuando están disponibles solo los efectos primarios, es posible usar la expresión local de la formación superficial de fallas, en términos de máxima abertura (Fig. 3.20).

Inoltre, nella valutazione dell'area totale, è raccomandato di non considerare gli effetti isolati che si verificano occasionalmente in zone a notevole distanza dall'epicentro. Tale valutazione richiede evidentemente un giudizio professionale ad hoc.

L'intensità locale viene essenzialmente stimata attraverso la descrizione degli effetti secondari avvenuti in diversi "Siti" compresi tutti in una determinata località. Questo tipo di intensità deve esser confrontabile con quella corrispondente ricavabile da un'analisi macrosismica tradizionale. Comunque una "località" può riferirsi sia a località effettivamente abitate (un paese, una città), sia ad aree naturali prive di insediamenti antropici. Quando sono disponibili solo effetti primari, è anche possibile utilizzare l'espressione locale della fagliazione superficiale, in termini di massimo rigetto (Fig. 3.20).

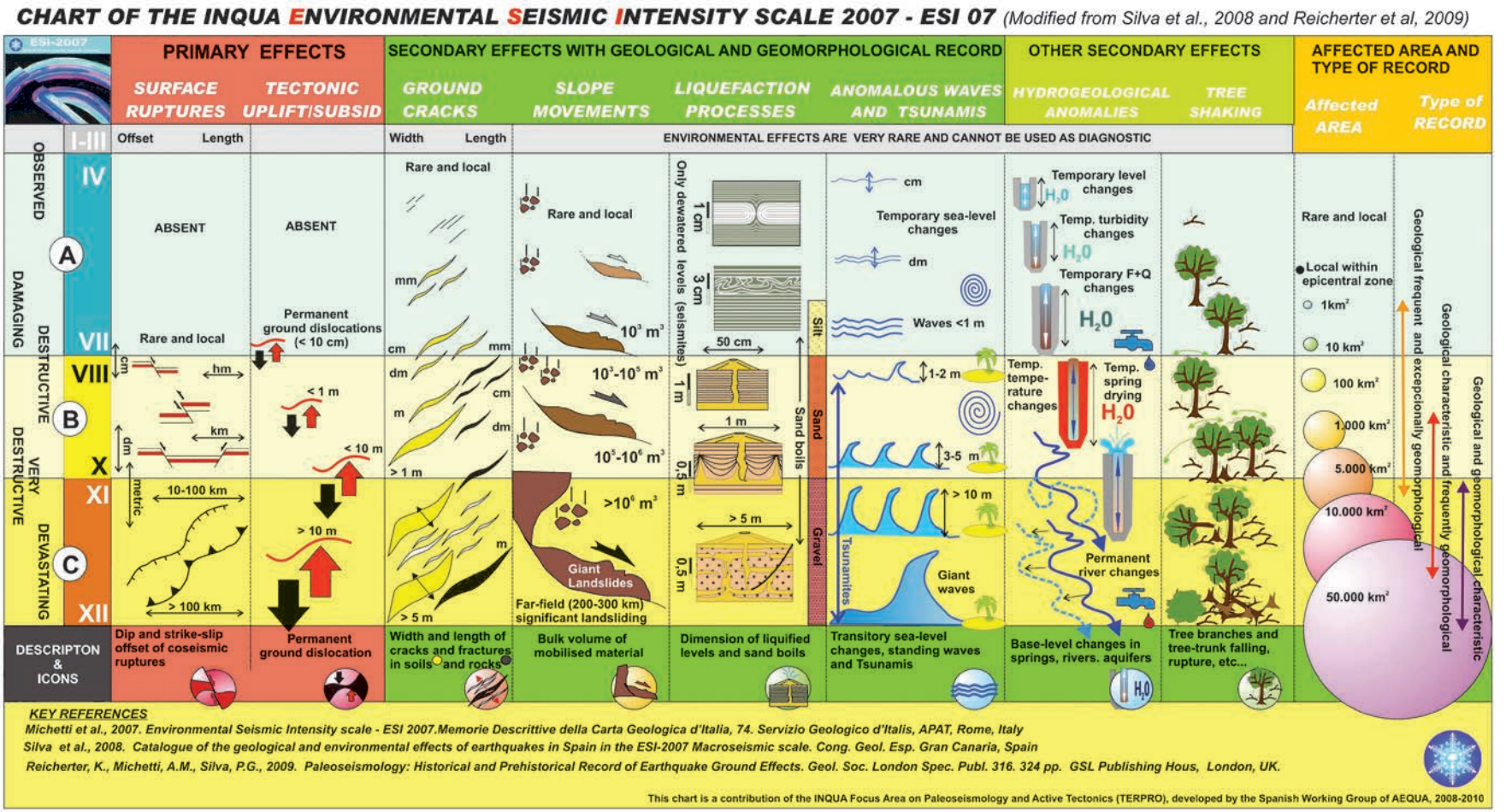


Fig. 3.20 - Esquema gráfico de los diferentes efectos geológicos y ambientales cosísmicos considerados en la Escala Macrosísmica ESI- 2007. Viene indicado el tipo de información geológica y geomorfológica más típica en cualquiera de los grupos de categoría de intensidad.

3.2.2 Ejemplo de aplicación de la ESI SCALE 2007

El terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976

Como un ejemplo de aplicación de la nueva escala macrosísmica ESI 2007, elegimos el catastrófico evento que en el 1976 sacudió Guatemala. El terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976, con magnitud de 7.5 grados, se dio a lo largo del margen activo entre la Placa de Norteamérica y la Placa del Caribe, con un movimiento transcurrente izquierdo a lo largo de la falla de Motagua, antiguo escenario de otro evento catastrófico acaecido en 1902, ese también de magnitud 7.5. El terremoto de 1976 fue sensible sobre una superficie de por lo menos 100,000 km², no solo en Guatemala si no que también en Honduras, Nicaragua y El Salvador, causando la pérdida de 22,700 víctimas humanas y más de 70,000 heridos. El nivel de daño fue extremadamente elevado, y, en todo caso, incluso subestimado. De hecho, la intensidad máxima, equivalente al IX grado de la escala MM (Mercalli modificada), fue asignada al área de Mixco, a algunas zonas de la Ciudad de Guatemala y a Gualán (Espinoza, 1976), es así que lo datos recopilados reportan que una superficie de territorio equivalente a 1,700 km² hubiese sufrido una destrucción completa, cerca al 100% del total de residencias. (Fig. 3.21).

3.2.2 Esempio di applicazione dell'esi scale 2007

Il terremoto del Guatemala del 4 febbraio 1976

Come esempio di applicazione della nuova scala macrosismica ESI 2007, è stato scelto il catastrofico evento che nel 1976 sconvolse il Guatemala. Il terremoto del Guatemala del 4 febbraio 1976, con M= 7.5, avvenne lungo il margine attivo tra la Placca Nordamericana e la Placca Caraibica, con un movimento trascorrente sinistro lungo la faglia di Motagua, già scenario di un altro evento catastrofico avvenuto nel 1902, anch'esso con M= 7.5. Il terremoto del 1976 fu avvertito su una superficie di almeno 100.000 km², non solo in Guatemala, ma anche in Honduras, Nicaragua ed El Salvador, causando la perdita di 22.700 vite umane e più di 76.000 feriti. Il livello di danneggiamento fu estremamente elevato, e in qualche caso anche sottostimato. Infatti, l'intensità massima, pari solo al IX della scala MM (Mercalli modificata), fu assegnata all'area di Mixco, ad alcune zone di Città del Guatemala, ed a Gualan (Espinosa, 1976), sebbene i dati raccolti riportino che una superficie di territorio pari a 1.700 km² avesse subito una distruzione completa, pari al 100% del patrimonio abitativo (Fig. 3.21).



Fig. 3.21. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Panorámica de San Martín Jilotepeque completamente destruido (USGS Prof. Paper 1002).

El mecanismo focal indicó claramente una solución de falla transcurrente, orientada N 65°E con un plan de inmersión variable de 84°N a 82°S.

El epicentro fue localizado cerca de Los Amates (Lat. 15.27 N, Long. 89.25 W), al sur del Lago de Izabal, a aproximadamente 160 km de la Ciudad de Guatemala; el suceso del 4 de febrero fue seguido por millares de réplicas algunas de las cuales incluso con magnitud mas bien elevadas, capaces de producir daños ulteriores, como por ejemplo las sucedidas en el mes de marzo (magnitud 5.8 grados) no lejos de la Ciudad de Guatemala, en correspondencia con la reactivación de las fallas de Mixco.

El terremoto indujo efectos primarios y secundarios que han sido bien documentados, gracias a las investigaciones conducidas inmediatamente después del evento por diferentes equipos internacionales. Entre las investigaciones, las más completas resultan ser las publicadas, por Espinoza (Editor) (1976), Plafker et al. (1976), Harp et al. (1981).

Il meccanismo focale indicò chiaramente una soluzione di faglia trascorrente, orientata N65°E con un piano di immersione variabile da 84°N a 82°S .

L'epicentro fu localizzato vicino a Los Amates (Lat. 15.27 N, Long. 89.25 W), a sud del Lago Izabal, a circa 160 km da Città del Guatemala; l'evento del 4 febbraio fu seguito da migliaia di repliche alcune delle quali anche con magnitudo piuttosto elevate, in grado di produrre ulteriori danni, come ad esempio, quelle avvenute nel mese di marzo (M=5.8) non lontano da Città del Guatemala, in corrispondenza della riattivazione delle faglie di Mixco.

Il terremoto indusse effetti primari e effetti secondari che sono stati ben documentati, grazie alle ricerche condotte immediatamente dopo l'evento, da differenti team internazionali. Tra le ricerche le più complete risultano quelle pubblicate da Espinosa (Editor) (1976); Plafker et al. (1976); Harp et al. (1981).



Fig. 3.22. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Gualán: trazas de topos "mole tracks" en un campo de futbol, consistentes en fisuras escalonadas conectadas a movimientos de compresión a lo largo de la falla transcurrente izquierda de Motagua (Earth. Inf. Bull. N.94, USGS)

Efectos primarios

La falla sismogénica, una transcurrente lateral izquierda, se desarrolló en la superficie al este, a lo largo de todo el valle del río Motagua y en la zona montañosa del oeste, con una longitud cartografiada de 240 km y estimada en al menos 300 km sobre la base de la distribución de los aftershocks, resultando de hecho la ruptura de falla más larga observada después del terremoto de San Francisco de 1906, cuya falla se propagó por unos 430 km de largo. Segmentos discontinuos de falla (Fig. 3.22) fueron observados sobre el terreno a partir de Quebradas, al este del valle del Motagua, hasta Patzaj al oeste, con el segmento más cercano a la Ciudad de Guatemala distante solo a 25 km (Fig. 3.23). Al oeste de Patzaj, la falla resultó en alguna medida enmascarada por numerosos eventos de corrimiento de tierras acaecidos en los depósitos volcánicos más recientes, mientras en la parte más oriental resultó oculta por la intensa vegetación tropical que cubría el área.

Effetti primari

La faglia sismogenetica, una trascorrente laterale sinistra, si sviluppò in superficie ad Est, lungo tutta la valle del fiume Motagua e nella zona montuosa ad Ovest, per una lunghezza cartografata di 240 km, e stimata di almeno 300 km sulla base della distribuzione degli aftershocks, risultando di fatto la rottura di faglia più lunga osservata dopo il terremoto di San Francisco del 1906, la cui faglia si propagò per ben 430 km lunghezza. Segmenti discontinui di faglia (Fig. 3.22) furono osservati sul terreno a partire da Quebradas, ad Est della valle di Motagua, fino a Patzaj ad Ovest, con il segmento più vicino a Città del Guatemala distante soli 25 km (Fig. 3.23). Ad Ovest di Patzaj, la faglia risultò in qualche modo mascherata dai numerosi eventi franosi innescatisi nei depositi vulcanici più recenti, mentre nella parte più orientale risultò nascosta dall'intensa vegetazione tropicale che ricopriva l'area.

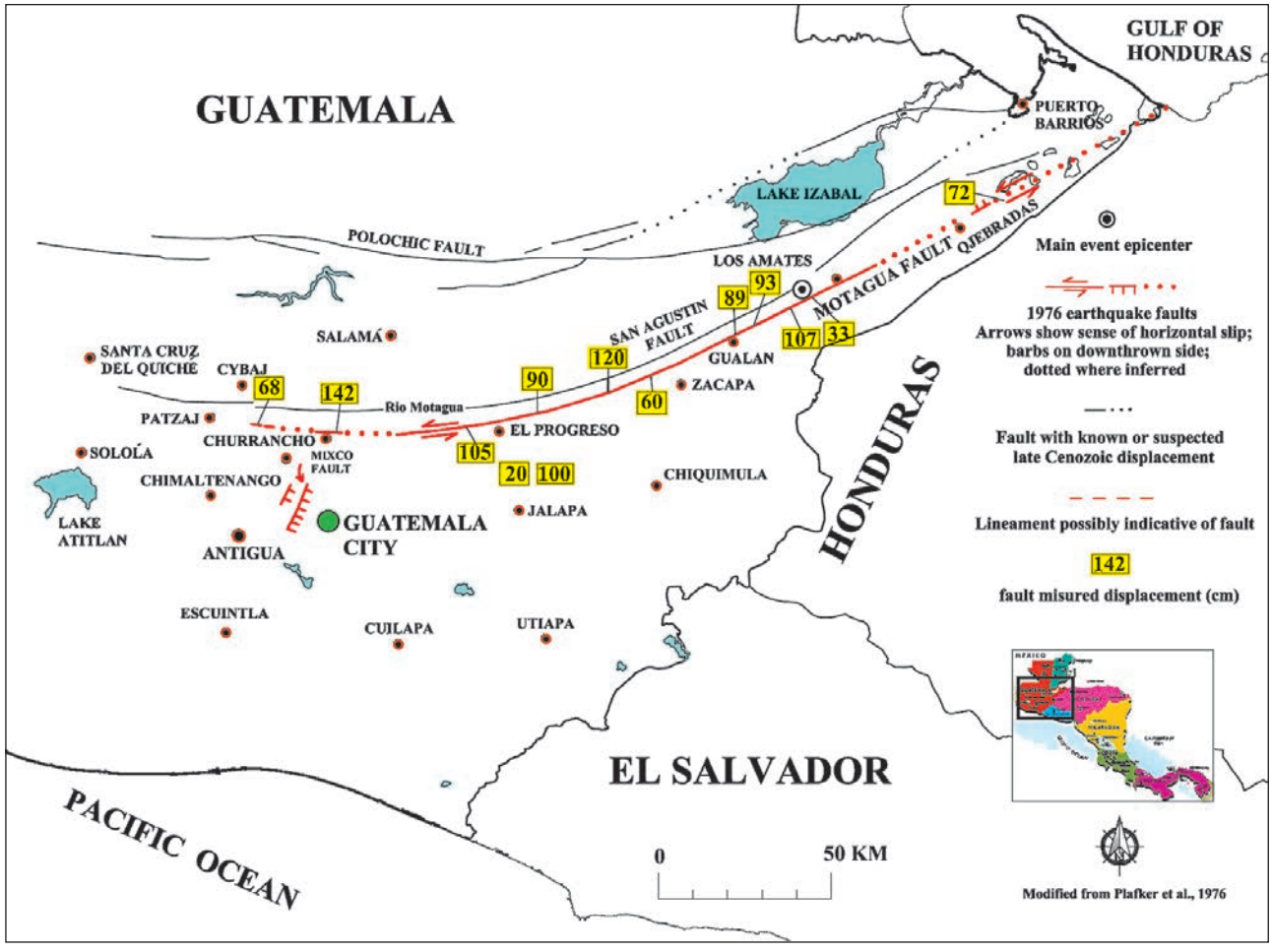


Fig. 3.23. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Efectos primarios: la falla transcurrente izquierda de Motagua (en rojo) con los desplazamientos horizontales centimétricos (en los recuadros amarillos), evidenciados en diversas localidades y las fallas secundarias de Mixco en las cercanías de la Ciudad de Guatemala (modificada desde Plafker et al., 1976).

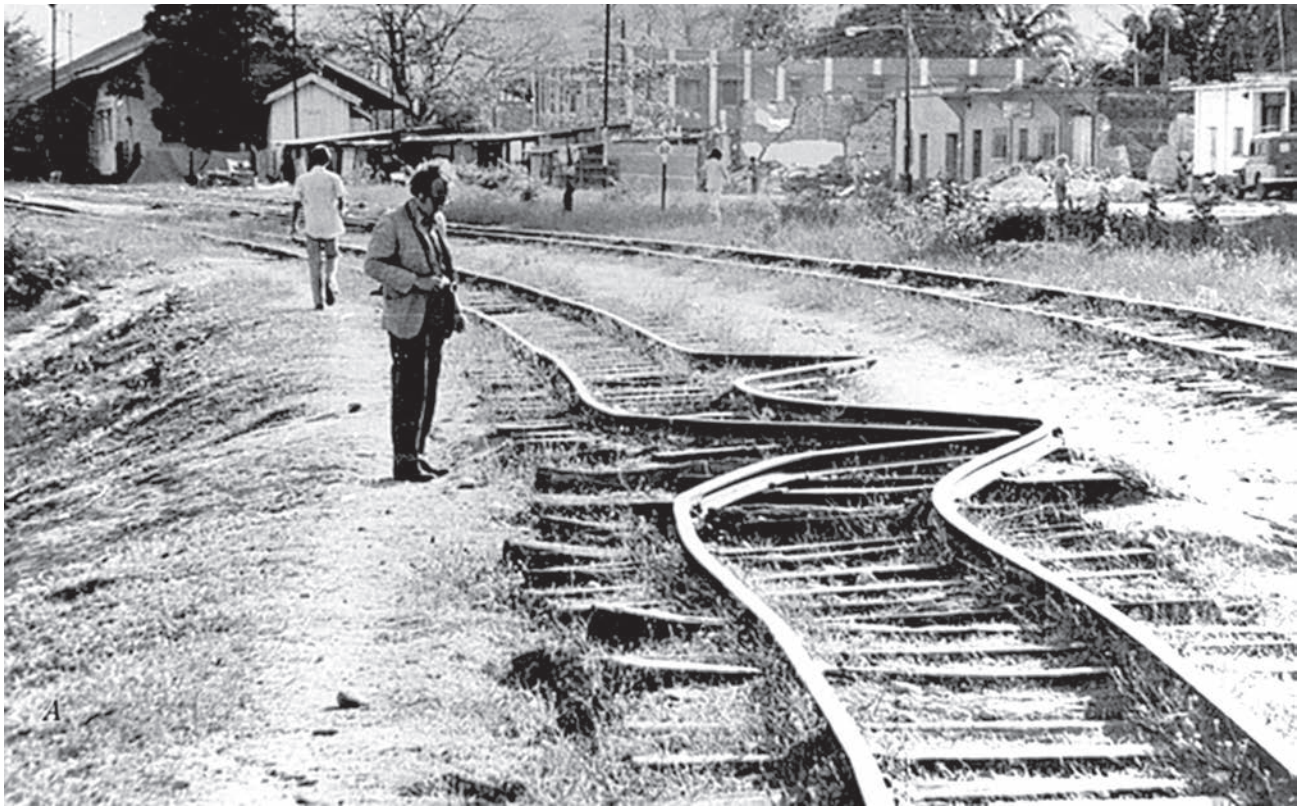


Fig. 3.24. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. El movimiento transcurrente de la falla causó la espectacular deformación de las líneas del tren en las cercanías de Puerto Barrios (Foto de Espinosa 1976, USGS)

La falla se caracterizó por un movimiento de strike-slip con dirección preponderante N65°E (Fig. 3.24) y en la parte oriental terminal con dirección N80°W, vinculada a una ligera compresión que dio lugar, localmente, a la formación de huellas de expansión o de topos "mole tracks" (Fig. 3.22). Además, se caracterizó por zonas de fracturas amplias de 1 a 3 metros, hasta un máximo de 9 m. La falla del Motagua se distinguió por valores de desplazamiento horizontal variable, con incremento de los valores observados desde la ciudad de Quebradas (72 cm) hasta el área al norte de la Ciudad de Guatemala (Fig. 3.23). El desplazamiento horizontal máximo observado fue de cerca de 325 cm, medido a 25 km de la Ciudad de Guatemala, mientras el dislocamiento medio fue de aproximadamente 100 cm.

Se observaron fallas secundarias a 25 o 30 km desde el alineamiento principal del Motagua, en la zona de Mixco, en la zona occidental de la Ciudad de Guatemala y en el área comprendida entre las dos ciudades. La longitud de varios segmentos de falla evidenciados, de tipo dip-slip, resultó mayor de 10 km, con un desplazamiento máximo vertical de 12 cm combinado con un desplazamiento lateral derecho de 5 cm. Tales fallas son consideradas, con razón, muy importantes y peligrosas por la extrema cercanía a las dos ciudades.

La faglia fu caratterizzata da un movimento di strike-slip con direzione prevalente N65°E (Fig. 3.24) e, nella parte orientale terminale, con direzione N80°W, connessa ad una leggera compressione che diede luogo, localmente alla formazione, di tracce di talpa "mole tracks" (Fig. 3.22). Inoltre fu caratterizzata da zone di fratture ampie da 1 a 3 metri, fino ad un massimo di 9 m. La faglia di Motagua, fu caratterizzata da valori dello spostamento orizzontale variabili, con incremento dei valori osservati da città di Quebradas (72 cm) fino all'area a Nord di Città del Guatemala (Fig. 3.23). Lo spostamento orizzontale massimo osservato fu di 325 cm circa, misurato a 25 km da Città del Guatemala, mentre la dislocazione media fu di circa 100 cm.

Faglie secondarie furono osservate a 25-30 km dall'allineamento principale di Motagua, nella zona di Mixco, nella zona occidentale di Città del Guatemala, e nell'area compresa fra le due città. La lunghezza dei vari segmenti di faglia rilevati, di tipo dip-slip, risultò maggiore di 10 km, con uno spostamento massimo verticale di 12 cm, combinato con uno spostamento laterale destro di 5 cm. Tali faglie sono considerate, a ragione, molto importanti e pericolose per l'estrema vicinanza alle due città.

Efectos secundarios

El terremoto del 4 de febrero de 1976 también provocó numerosos efectos geológicos secundarios, como anomalías hidrológicas, fracturas, licuefacción (Fig. 3.25), compactación del terreno y desplazamiento de tierra.

Las anomalías hidrológicas se observaron difusamente, sobre todo en las fuentes termales de origen volcánico. Además, en la Ciudad de Guatemala, en diferentes pozos, se registró un aumento de temperatura de 2° C, con un aumento de nivel de las aguas que superó incluso los 60 cm.

Fenómenos de licuefacción se observaron en el valle del Motagua, a lo largo de las riberas del río del mismo nombre, al norte de la ciudad de Quebradas, donde se manifestaron extensos fenómenos en los depósitos aluviales (Fig. 3.25), a lo largo de las márgenes de los lagos de Amatitlán y Atitlán y en Puerto Barrios; se evidenciaron también licuefacciones a lo largo de la costa atlántica de Honduras, y lejos de la zona epicentral, en El Salvador, a orillas del lago Ilopango. Se observaron extensos sistemas de agrietamientos ligados sobre todo a los fenómenos de licuefacción y de compactación, todo ello en un área comprendida desde la ciudad de Los Amates, Quebradas, Puerto Barrios hasta el Golfo de Honduras. (Plafker et al., 1976) (Fig. 3.26).

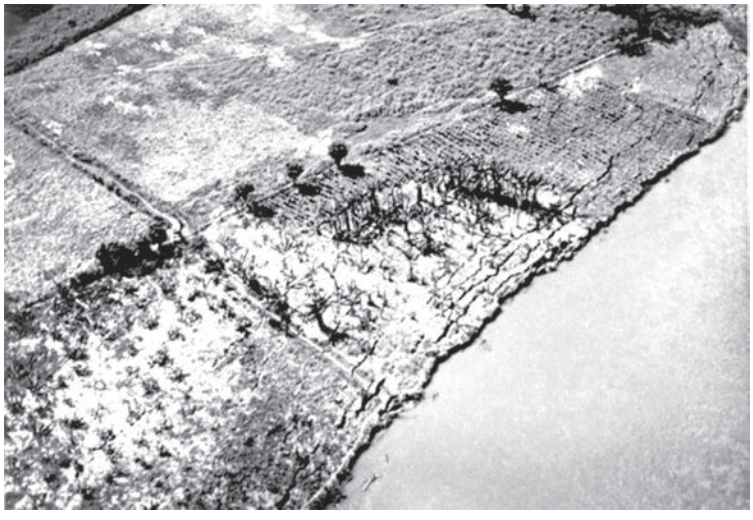
Effetti secondari

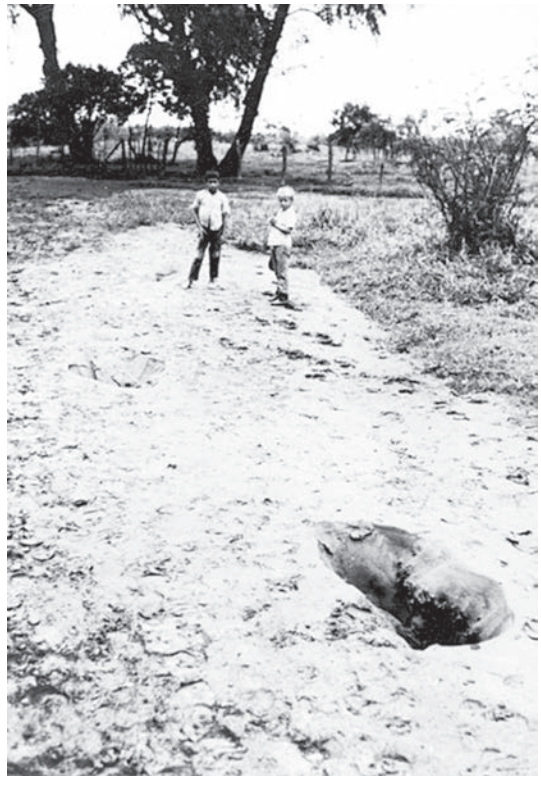
Il terremoto del 4 febbraio 1976 innescò anche numerosi effetti geologici secondari, come anomalie idrologiche, fratture, liquefazioni (Fig. 3.25), compattazioni del terreno e frane.

Le anomalie idrologiche furono osservate diffusamente soprattutto nelle sorgenti calde di origine vulcanica. Inoltre a Città del Guatemala, in diversi pozzi, si registrò un aumento di temperatura di 2° C, con un aumento del livello delle acque che superò anche i 60 cm.

Fenomeni di liquefazioni furono osservati nella valle di Motagua lungo le sponde dello stesso fiume, a Nord della città di Quebradas, dove si manifestarono estesi fenomeni nei depositi alluvionali (Fig. 3.25), lungo le sponde dei laghi Amatitlan e Atitlan, e a Puerto Barrios; liquefazioni furono rilevate anche lungo le coste atlantiche dell'Honduras, e lontano dalla zona epicentrale, in El Salvador, lungo le sponde del lago Llopango. Estesi sistemi di fratturazione, legati prevalentemente ai fenomeni di liquefazione e di compattazione furono osservati in un'ampia area delimitata dalle città di Los Amates, Quebradas, Puerto Barrios fino al Golfo dell'Honduras (Plafker et al., 1976) (Fig 3.26).

Fig. 3.25. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Fenómenos secundarios: a la izquierda, agrietamientos de notables dimensiones a lo largo de las riberas del Río Motagua, en cercanías de Quebradas, (Foto Bonis, USGS); a la derecha, fenómenos de licuefacción en el Valle del Río Motagua (USGS, OFR 77-165)





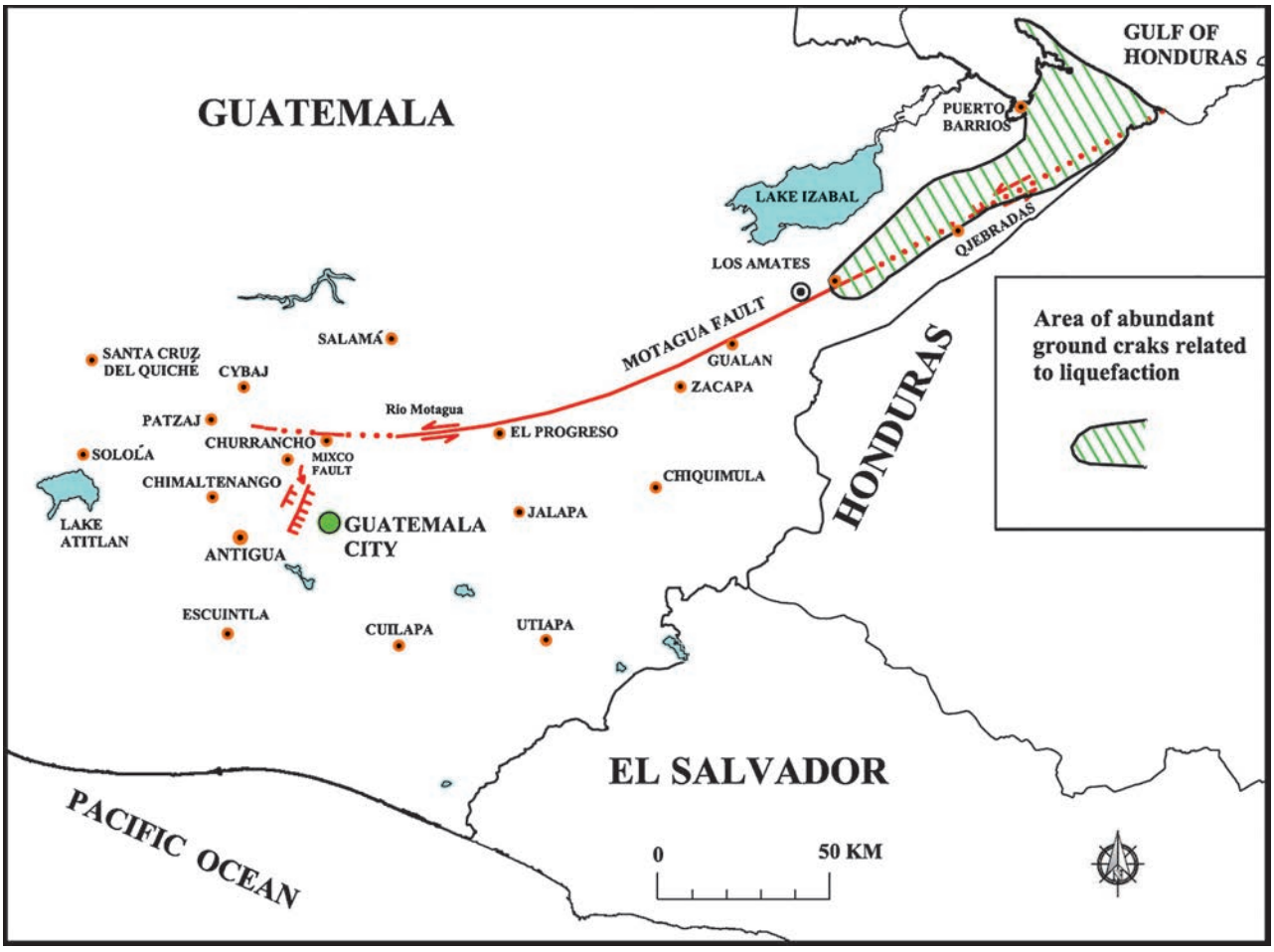


Fig. 3.26. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Área con extensos sistemas de agrietamientos ligados sobre todo a fenómenos de licuefacción y compactación en la zona oriental de la falla del Motagua, comprendida entre las ciudades de Los Amates, Quebradas, Puerto Barrios y el Golfo de Honduras.

El número de los desplazamientos de tierra resultó impresionante, se contaron más de 10,000 sobre una superficie de cerca de 16,000 km^2, que comprendió el área contenida entre Quebradas al este y Quetzaltenango al oeste y del Lago de Amatitlán al sur hasta Sacapulas al norte (línea discontinua en la Fig. 3.27). Estos desplazamientos de tierra causaron centenares de víctimas y daños a propiedades, interrumpieron y obstruyeron las redes viales y ferroviarias, interrumpiendo gravemente la prestación de los primeros auxilios. La carretera al Atlántico fue bloqueada por los derrumbes de tierra en numerosos puntos entre la Ciudad de Guatemala y El Progreso. Lo mismo sucedió en la carretera panamericana la cual fue bloqueada en el área de Mixco, al oeste de la Ciudad de Guatemala y cerca de Tecpán. La carretera nacional 10 fue sepultada por un notable derrumbe en Los Chocoyos.

La mayor concentración de derrumbes fue observada en los altiplanos al oeste de la Ciudad de Guatemala

Il numero delle frane risultò impressionante, se ne contarono più di 10.000 su una superficie di circa 16.000 km^2, che comprese l'area racchiusa tra le località di Quebradas ad Est e Quezaltenango ad Ovest, e dal Lago Amatitlan a Sud fino Sacapulas a Nord (linea tratteggiata nella Fig. 3.27). Queste frane causarono centinaia di vittime, nonché danni alla proprietà, interruppero ed ostruirono la rete viaria e ferroviaria ostacolando gravemente la fase dei primi soccorsi. L'autostrada Atlantica fu bloccata dalle frane in numerosi punti tra Città del Guatemala e El Progreso, ugualmente la strada Pan Americana fu bloccata nell'area di Mixco ad Ovest di Città del Guatemala e vicino a Tecpan, la Highway 10 fu sepolta da una notevole frana a Los Chocoyos.

La maggiore concentrazione di fenomeni franosi fu osservata negli altopiani a Ovest di Città del Guatemala (Figg. 3.28, 3.29). Tra i fenomeni gravitativi sismoindotti, le frane di crollo e di detriti (rock falls e debris slides)

(Fig. 3.28, 3.29). Entre los fenómenos gravitatorios sismo-inducidos, los derrumbes y deslizamientos de detritos (rock falls y debris slides) resultaron ser los tipos más frecuentes, generalmente con volúmenes inferiores a los 15,000 m^3 de material. Además de estos deslizamientos de tierra, de dimensiones relativamente pequeñas, el terremoto provocó 11 grandes derrumbes que involucraron volúmenes de material de más de 100,000 m^3 (Cuadro 6).

Entre estos, los derrumbes más importantes fueron los de Los Chocoyos, San José Poaquil, San Martín Jilotepeque y Estancia de la Virgen, ya sea por los ingentes volúmenes movilizados como por los efectos sobre la población.

El derrumbe-avalancha de Los Chocoyos, localizada a 15 km al suroeste de Tecpán, a lo largo de la ladera

risultarono le tipologie prevalenti, generalmente con volumi inferiori ai 15.000 m^3 di materiale. Oltre a queste frane, di relativamente piccole dimensioni, il terremoto innescò 11 grandi frane che coinvolsero volumi di materiale di oltre 100.000 m^3 (Tabella 6).

Tra queste le frane più importanti furono quelle di Los Chocoyos, San Josè Poaquil, San Martin Jilotepeque e Estancia de la Virgen, sia per gli ingenti volumi mobilizzati sia per gli effetti sulla popolazione.

La frana di crollo-valanga di Los Chocoyos, localizzata a 15 km a SO di Tecpan, lungo il versante meridionale della valle del Rio Los Chocoyos, distrusse due case provocando la morte di 6 persone. I volumi di materiali mobilizzati durante la scossa principale, furono valutati tra i 750.000 ed il milione di m^3 di debris provenienti dai depositi di pomici del Pleistocene.

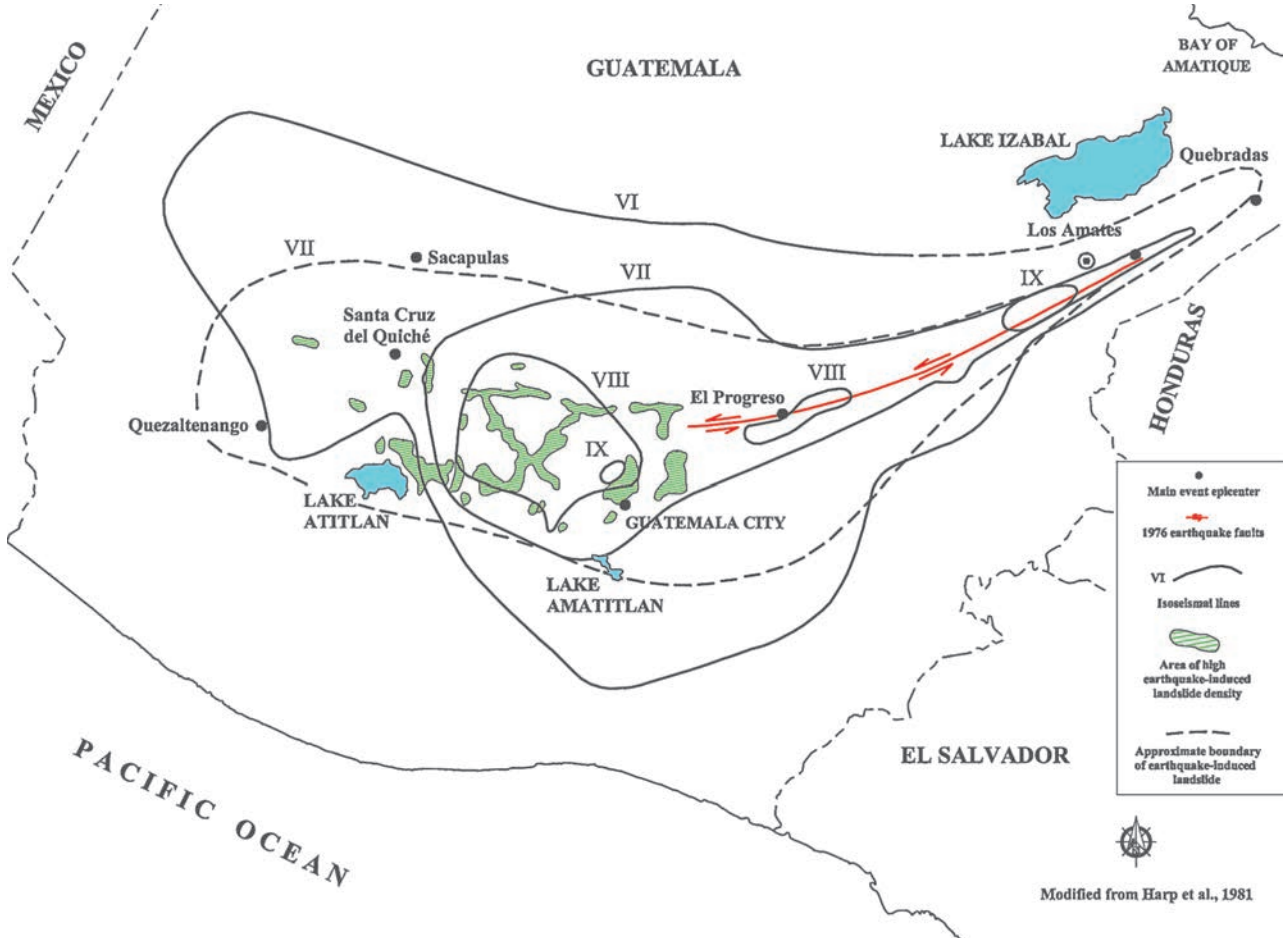


Fig. 3.27. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Campo macrosísmico del terremoto (Espinosa et al., 1976), con el trazado de la ruta de falla superficial y las áreas de mayor densidad de derrumbes, concentrados sobre todo en el área de VIII y VII MM (Harp et. al., 1981). En la figura resulta evidente también el ensanchamiento de las isosistas, que siguen el mismo recorrido de la falla de Motagua, con zonas de ampliación al oeste y una fuerte atenuación al este del epicentro ubicado en las cercanías de Los Amates.



Fig. 3.28. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Derrumbes en taludes sobre carreteras en depósitos estratificados de pómez y cenizas en la zona de San Cristóbal, al oeste de la Ciudad de Guatemala (USGS, OFR 77-165).



Fig. 3.29. Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Zona de separación en el área de derrumbe en el Barranco de las Guacamayas (Ciudad de Guatemala).

meridional del valle del Río Los Chocoyos, destruyó dos casas provocando la muerte de 6 personas. El volumen de material movilizado durante la sacudida principal fue cifrado entre los 750,000 y el millón de m^3 de debris provenientes de los depósitos de pómez del pleistoceno.

Un deslizamiento de tierra complejo de tipo desplazamiento rotacional/avalancha se observó en San José Poacquil; el mismo también fue provocado durante el main shock y se desarrolló cerca de 2 km al norte del mismo lugar sin tocar centros habitados, movilizando sin embargo 3.5 millones de m^3 de material compuesto sobre todo de toba negra y pómez. Los detritos acumulados alcanzaron un espesor máximo de 50 metros a orillas de la escarpada, extendiéndose por casi un kilómetro. El derrumbe obstruyó el curso del río Teculcheya creando un lago temporal con un kilómetro de longitud y una profundidad máxima de 15 m (lago visible hasta mayo de 1978).

Otro imponente derrumbe rotacional-flujo movilizó 2 millones de m^3 de material en las cercanías de San Martín Jilotepeque, destruyendo 14 casas y provocando la muerte de 17 personas. Probablemente se trató de la reactivación de un viejo deslizamiento que se había movido ya en los años precedentes (1961) con ulteriores componentes agregados como los fenómenos de licuefacción (lateral spread). El corrimiento obstruyó el curso del río Quemaya, creando un pequeño lago temporal con una longitud de 250 metros.

También cerca de Estancia de la Virgen, un proceso de desplazamiento complejo, constituido sobre todo por corrimiento de tierra rotacional y derrumbes (6 millones de m^3 de material) se verificó en los depósitos volcánicos de andesita cubiertos de pómez con espesor variable, provocando la muerte de 13 personas. El derrumbe obstruyó temporalmente el curso del río Pixcayá, formando un pequeño lago de unos 800 metros de largo (Fig. 3.30).

La distribución regional de los procesos de derrumbes resultó estrechamente dependientes de cinco factores principales: 1) la intensidad sísmica (la mayor concentración de los procesos de deslizamientos y derrumbes se tuvo en las áreas cercadas por las isosistas de VIII y VII MM; 2) la litología: el 90% de todos los procesos de derrumbes sucedieron en depósitos de pómez del Pleistoceno, (3) la inclinación de las laderas (valores medios comprendidos entre 11° y 29°); 4) la amplificación topográfica del movimiento sísmico, y 5) tectónica regional (Harp et al., 1981).

Una frana complessa di tipo scorrimento rotazionale/ valanga fu osservata a San Jose Poacquil, anch'essa innescatasi durante il main shock, si sviluppò a circa 2 km a Nord della stessa località senza coinvolgere centri abitati, mobilizzando tuttavia 3,5 milioni di m^3 di materiale composto prevalentemente da tufo nero e pomici. I detriti accumulatisi raggiunsero uno spessore massimo di 50 metri ai piedi della scarpata estendendosi per circa un chilometro; la frana ostruì il corso del fiume Teculcheya creando un lago temporaneo della lunghezza di un chilometro, con profondità massima di 15 m (lago visibile fino al maggio 1978).

Un altro imponente scorrimento rotazionale-colata mobilizzò 2 milioni di m^3 di materiale nei pressi di San Martin Jilotepeque, distruggendo 14 abitazioni e provocando la morte di 17 persone, probabilmente la riattivazione di una vecchia frana che si era già mossa negli anni precedenti (1961), con ulteriori componenti aggiuntivi quali i fenomeni di liquefazione (lateral spread). La frana, ostruì il corso del fiume Quemaya, creando un piccolo lago temporaneo della lunghezza di 250 metri.

Anche presso Estancia de la Virgen un movimento gravitativo complesso, costituito prevalentemente da scorrimenti rotazionali e frane di crollo (6 milioni di m^3 di materiale) si verificò nei depositi vulcanici andesitici ricoperti da pomicei con spessori variabili, provocando la morte di 13 persone. La frana ostruì temporaneamente il corso del fiume Pixcaya, formando un laghetto di 800 m di lunghezza (Fig. 3.30).

La distribuzione regionale delle frane risultò strettamente dipendere da cinque fattori principali: (1) intensità sismica (la maggiore concentrazione dei fenomeni franosi si ebbe nelle aree racchiuse dalle isosiste di VIII ed VII MM ; (2) litologia: il 90% di tutte frane avvennero in depositi pomicei del Pleistocene, (3) pendenza dei versanti (valori medi compresi tra 11° e 29°) ; (4) amplificazione topografica del moto sismico, e (5) tettonica regionale (Harp et al., 1981)



Fig. 3.30 - Terremoto de Guatemala del 4 de febrero de 1976. Fenómenos de deslizamientos generalizados en depósitos volcánicos a lo largo del río Pixcayá, al Norte de Chimaltenango (USGS, OFR 77-165).

Localidades	Tipo de roca	Tipo de proceso	Volúmenes estimados (V), m^3	Notas
Los Chocoyos	Pómez / depósitos volcánicos / toba / cenizas	Derrumbes /avalanchas	$10^6 > V > 0{,}75*10^6$	7 víctimas
San José Poaquil	Toba oscura / pómez	Desplazamientos rotacionales, derrumbes / avalanchas	$V > 3.5*10^6$	lago temporal
San Martín Jilotepeque	Pómez / depósitos volcánicos / toba / cenizas	Deslizamientos rotacionales	$V > 10^6$	14 casas destruidas, 17 víctimas, lago temporal, fracturas, licuefacción
Estancia de la Virgen	Rocas andesíticas / pómez	Deslizamientos rotacionales / derrumbes / avalanchas	$V > 6*10^6$	13 víctimas, lago temporal
Río Polima	Rocas andesíticas / pómez	Derrumbes	$V > 0{,}2*10^6$	lago temporal
Río Naranjo	Pómez	Deslizamientos rotacionales	$V > 0{,}3*10^6$	
Río Blanco	Rocas andesíticas / pómez	Derrumbes / avalanchas	$V > 0{,}2*10^6$	lago temporal
Río Ruyalché	Rocas andesíticas / pómez	Deslizamientos rotacionales	$V > 0{,}5*10^6$	
Río Cotzibal	Rocas andesíticas	Deslizamientos rotacionales	$V > 0{,}3*10^6$	lago temporal
Río Teocinte	Rocas andesíticas	Deslizamientos rotacionales / derrumbes / avalanchas	$0{,}5*10^6 > V > 0{,}3*10^6$	lago temporal
Río Los Cubes	Rocas metamórficas	Derrumbes / avalanchas	$V > 0{,}1*10^6$	lago temporal

Cuadro. 6. Síntesis de las caracteristicas de los deslizamientos principales producidos por el terremoto de Guatemala de 1976 (Modificada de Harp et x al, 1981).

Discusión y conclusiones

Del examen del campo macrosísmico se deduce que las áreas de intensidad máxima MM se concentran en la ciudad de Gualán, en sus alrededores (Departamento de Zacapa) y al oeste de la ciudad de Mixco (Departamento de Guatemala) y en algunas zona de la ciudad capital, con valor Imax = IX MM (Fig. 3.27). De la misma figura se hace evidente incluso la prolongación de las isosistas, que recorren el curso de la falla de Motagua, con una amplia área de amplificación al oeste, a NO de la ciudad de Guatemala y una fuerte atenuación al este respecto al epicentro ubicado en las cercanías de Los Amates. En general, los valores de intensidad no correspondieron plenamente con el nivel de daño global, ya que fue considerado solo las propiedades inmuebles excluyendo a priori fenómenos como las fallas superficiales, los derrumbes y deslizamientos de tierra, la licuefacción y la compactación, subestimando, de hecho, en más de un caso la intensidad real del terremoto, como entre otros reconocen Espinoza et al. (1976).

Con tales premisas, la revisión de todos los efectos producidos sobre el ambiente natural por el terremoto del 4 de febrero de 1976, se volvió más que nunca necesaria, sobre todo para restablecer una evaluación de la intensidad más acorde a la realidad, que tenga cuenta objetivamente de todos los factores que concurren a determinarla y esto también en la óptica de la nueva escala macrosísmica ESI 2007, que perfectamente se adecúa al contexto territorial de Guatemala.

La catalogación y revisión crítica de los efectos geológicos producidos sobre el ambiente físico por el terremoto nos ha permitido estimar el valor de la intensidad epicentral independientemente del nivel de daño provocado en los inmuebles. La estimación de la intensidad epicentral (Io), de hecho, se ha basado esencialmente sobre los efectos primarios y en particular sobre la longitud de las fallas superficiales y sobre la dislocación horizontal máxima observada, confrontadas con el área total afectada por los efectos secundarios. En síntesis, considerando la longitud de la falla sismogenética en la superficie equivalente a 240 o 300 km y el área afectada por los fenómenos secundarios, en particular por los fenómenos de desplazamiento y derrumbes, los cuales abarcaron una superficie estimada en 16,000 km^2, ha sido posible atribuir a la intensidad epicentral (I_0) el XI grado ESI 2007, unos dos grados más elevado en comparación con el estimado en 1976 por otros estudiosos.

Discussione e conclusioni

Dall'esame del campo macrosismico risulta che le aree di massima intensità MM sono concentrate nella città di Gualan, nelle sue vicinanze (Dipartimento di Zacapa), ad Ovest della città di Mixco (Dipartimento di Guatemala), ed in alcune zone di Città del Guatemala, con il valore di Imax = IX MM (Fig. 3.27). Dalla stessa figura risulta evidente anche l'allungamento delle isosiste, che ripercorrono l'andamento della faglia di Motagua, con un'ampia area di amplificazione ad Ovest, a NO di Città del Guatemala, ed una forte attenuazione ad Est rispetto all'epicentro ubicato nei pressi di Los Amates. In generale, i valori di intensità non furono pienamente corrispondenti al livello di danneggiamento complessivo, poiché venne considerato solo il patrimonio abitativo escludendo a priori fenomeni come la fagliazione superficiale, le frane, la liquefazione e la compattazione, sottostimando, di fatto, in più di qualche caso, la reale intensità del terremoto, come tra l'altro riconoscono Espinosa et al. (1976).

Con tali premesse, la revisione di tutti gli effetti indotti sull'ambiente naturale dal terremoto del 4 febbraio 1976 si è resa quanto mai necessaria, soprattutto per ristabilire una valutazione dell'Intensità più aderente alla realtà, che tenesse conto obiettivamente di tutti i fattori che concorrono a determinarla, e questo anche nell'ottica della nuova scala macrosismica ESI 2007, che perfettamente si adegua al contesto territoriale del Guatemala.

La catalogazione e revisione critica degli effetti geologici indotti sull'ambiente fisico dal terremoto ci ha consentito di stimare il valore dell'Intensità epicentrale indipendentemente dal livello di danneggiamento provocato sul patrimonio edilizio. La stima dell'Intensità epicentrale (Io), infatti si è basata essenzialmente sugli effetti primari ed in particolare sulla lunghezza della fagliazione superficiale e sulla dislocazione orizzontale massima osservata, confrontate con l'area totale interessata dagli effetti secondari. In sintesi, considerando la lunghezza della faglia sismogenetica in superficie pari a 240-300 km, e l'area interessata dai fenomeni secondari, in particolare dai fenomeni franosi, che hanno coinvolto una superficie stimata di 16.000 km^2, è stato possibile attribuire all'Intensità epicentrale (I_0) l'XI grado ESI 2007, di ben due gradi più elevato rispetto a quello stimato nel 1976 da altri studiosi.

Se trata de un valor de intensidad tal como para no ignorarlo, habida cuenta de que las fallas activas como la de Motagua y la de Mixco, no lejanas de centros urbanos importantes, son capaces de generar otros terremotos de magnitud equivalente a las producidas en 1976 y, por tanto, elementos extremadamente importantes en la definición y resolución del hazard sísmico del área.

En conclusión, se debe afirmar que los datos relativos a los fenómenos inducidos por sismos, ya sea los primarios, como las fallas superficiales, como los secundarios, por ejemplo las variaciones hidrológicas, los agrietamientos, las licuefacciones, las compactaciones y los derrumbes y deslizamientos de tierra, que son capaces de movilizar volúmenes de material tales como para modificar permanentemente el paisaje, deben ser oportunamente recopilados y catalogados, partiendo de los terremotos históricos hasta los más recientes. La perspectiva sería la de crear una base de datos general fácilmente accesible a todos los estudiosos y a todas las autoridades públicas a escala nacional y local, de forma que constituya una referencia para una correcta planificación del territorio. La enseñanza que nos ofrece el estudio de este terremoto, a través del escenario de los efectos inducidos por sismos, debe ser tenida en cuenta debidamente, enriquecida incluso con ulteriores profundizaciones. Enseñanza que se ha de transferir a las nuevas generaciones de técnicos que podrán predisponer las oportunas líneas de intervención para un adecuado desarrollo socioeconómico del país.

Un valore di Intensità tale da non poter essere ignorato, tenuto conto che faglie attive come quella di Motagua e quelle di Mixco, non lontane da importanti centri urbani, sono capaci di generare altri terremoti di magnitudo equivalente a quelle prodotte nel 1976, e quindi elementi estremamente importanti nella definizione e riduzione dell'hazard sismico dell'area.

In conclusione, va detto che i dati relativi ai fenomeni sismoindotti sia primari, come la fagliazione superficiale, sia secondari come le variazioni idrologiche, le fratture, le liquefazioni, le compattazioni e le frane, che possono mobilizzare volumi di materiale tali da creare modifiche anche permanenti al paesaggio, debbono essere opportunamente raccolti e catalogati, a partire dai terremoti storici, sino ai più recenti, con la prospettiva della costruzione di un database generale facilmente accessibile a tutti gli studiosi, a tutte le autorità pubbliche a scala nazionale e locale, in modo da costituire la base da utilizzare per una corretta pianificazione del territorio. L'insegnamento che ci offre lo studio di questo terremoto, attraverso lo scenario degli effetti sismoindotti, deve essere tenuto in debito conto, con l'auspicio anche di ulteriori approfondimenti, da trasferire alle nuove classi di tecnici, che potranno predisporre le opportune linee di intervento per un adeguato sviluppo socio-economico del Paese.

Capítulo 4

AMENAZA VOLCÁNICA

PERICOLOSITÀ VULCANICA

4.1

Origen de los fenómenos volcánicos

Origine dei fenomeni vulcanici

La compleja cinemática entre las placas se refleja en la intensa actividad volcánica de Centroamérica, conocida por estar entre las regiones volcánicas más activas del mundo. Entre los elementos estructurales de gran importancia se reconocen la Fosa Centroamericana y el Arco Volcánico Activo Cuaternario, generados por la subducción de la Placa de Cocos por debajo de la Placa del Caribe.

La Placa de Cocos tendría un movimiento de deriva hacia el Noreste, en relación con la Placa del Caribe, con una velocidad aproximada de 6.5-8 m por siglo (65-80 mm/año, Guzman-Speziale, 2009), favoreciendo su subducción por debajo de la del Caribe a lo largo del Middle America Trench y creando un alzamiento generalizado más allá del frente de inmersión.

Los fenómenos directamente vinculados a la subducción son:

(i) intensa actividad volcánica en el área,

(ii) terremotos con intensidad y localización variable.

La génesis de los magmas se debe en una pequeña parte a la fusión de la corteza oceánica subducida, en mayor medida, en cambio, a la fusión parcial de la cuña del manto que sobre sale el slab. De hecho, la corteza oceánica subducida sufre transformaciones (metamórficas) de los minerales que la constituyen, formando minerales hidratados, estables a las condiciones alteradas de temperatura y presión. Estos últimos, no obstante, se vuelven ellos mismos progresivamente inestables con el aumento de temperatura y presión vinculado al avance de la subducción, liberando el H_2O en ellos estructuralmente ligada, que migra hacia el manto súper puesto con el resultado de producir fusiones parciales del manto mismo generando fundidos basálticos (basaltos ricos en alúmina). Los magmas basálticos producidos así, sin embargo, no suelen llegar a la superficie en cuanto tales, si no que más bien, dado el espesor relevante de

La complessa cinematica tra le placche si riflette nell'intensa attività vulcanica del Centro America nota per essere tra le regioni vulcanicamente più attive del mondo. Tra gli elementi strutturali di grande importanza si riconoscono la Fossa Centro Americana e l'arco vulcanico attivo Quaternario, generati dalla subduzione della Placca di Cocos al di sotto della Placca Caraibica.

La Placca di Cocos avrebbe un movimento di deriva verso nord-est relativamente alla Placca dei Caraibi con una velocità di circa 6,5-8 m per secolo (65-80 mm/anno, Guzman-Speziale, 2009), favorendone la subduzione al di sotto di quella dei Caraibi lungo il Middle America Trench, e creando un sollevamento generalizzato oltre il fronte di immersione.

I fenomeni direttamente connessi alla subduzione sono:

(i) intensa attività vulcanica,

(ii) i terremoti con intensità e localizzazione variabile

La genesi dei magmi si deve in piccola parte alla fusione della crosta oceanica subdotta, in maggior misura invece alla fusione parziale del cuneo di mantello sovrastante lo slab. Infatti, la crosta oceanica subdotta subisce delle trasformazioni (metamorfiche) dei minerali che la costituiscono, formando minerali idrati, stabili alle mutate condizioni di temperatura e pressione. Questi ultimi, tuttavia, diventando progressivamente instabili con l' aumento di temperatura e pressione, liberano l' H_2O in essi strutturalmente legata, che migra verso il mantello sovrastante col risultato di innescare delle fusioni parziali del mantello stesso generando fusi basaltici (basalti alti in allumina). I magmi basaltici così prodotti, tuttavia, non arrivano frequentemente in superficie in quanto tali, bensì, dato lo spessore rilevante di crosta da attraversare durante la risalita, modificano la loro composizione in seguito al raffreddamento (e conseguente separazione

corteza por atravesar durante la remontada, modifican su composición como consecuencia del enfriamiento (y consiguiente separación de minerales del fundido) generando magmas derivados cuya composición es más rica en sílice de los basaltos (intermedia: magmas andesíticos) y/o mucho más rica en sílice (ácida: magmas dacíticos o riolíticos); las dos tipologías compuestas están caracterizadas por viscosidad medio-elevada (andesitas) hasta muy alta (riolitas). Es el caso de remarcar que los magmas de arco, dado el rol en su petrogénesis del H_2O transportada y luego expelida por el slab en subducción, son los magmas más hidratados (H_2O= 3-7 %) conocidos, con recaídas evidentes en las dinámicas eruptivas (ver más adelante). En el sector centroamericano del arco volcánico, basalto y andesitas son las rocas volcánicas más representadas, mientras las vulcanitas de composición ácida son subordinadas.

Respecto a los complejos plutónicos, es necesario decir que los mismos están distribuidos según una marcha que ve los plutones concentrados prevalecientemente en el área septentrional (las pequeñas masas paleozoicas de la porción guatemalteca del Bloque Chortis), pasando por la porción central con las masas extensas de plutónicas terciarias del occidente de Nicaragua, mientras los plutones más recientes (Plio-Pleistocénicos) están concentrados sobre todo en los límites meridionales del Bloque Chortega (Costa Rica, Panamá). Con referencia a los plutones de edad más reciente, su composición abarca un amplio espectro, de gabro-diorita a granitos, con estos últimos claramente dominantes. Es muy frecuente que huellas de la presencia de peñascos plutónicos en el subsuelo sean llevadas por depósito de rocas intrusivas en las lavas volcánicas de los volcanes activos (Santa María, Atitlán, etc.).

La imponente cordillera volcánica que se desarrolla por lo general paralelamente a la costa pacífica, está constituida por un arco volcánico que incluye 75 volcanes. Un cuarto de ellos son considerados extintos y la mitad en quiescencia. La parte restante, en cambio, está constituida por volcanes activos, distribuidos en una estrecha franja extendida por aproximadamente 1,000 km, comprendida entre Guatemala y Costa Rica: desde el volcán Tacaná, en la frontera entre Guatemala y México, hasta el volcán Turrialba en Costa Rica, aunque si bien es cierto el volcán Baru (Panamá) pertenece al mismo sistema geodinámico.

Entre los centros volcánicos más activos, se recuerdan el volcán de Fuego (Guatemala), que constituye uno de los complejos activos más importantes, el Santa María

di minerali dal fuso) generando magmi derivati la cui composizione è più ricca in silice dei basalti (intermedia: magmi andesitici) e/o molto più ricca in silice (acida: magmi dacitici e riolitici); le due tipologie composizionali sono caratterizzate da viscosità medio-elevata (andesiti) fino a molto alta (rioliti). E' il caso di rimarcare che i magmi di arco, dato il ruolo nella loro petrogenesi dell'H_2O trasportata e poi rilasciata dallo slab in subduzione, sono i magmi più idrati (H_2O = 3-7 %) conosciuti, con ricadute evidenti sulle dinamiche eruttive (vedi oltre). Nel settore centro americano dell' arco vulcanico basalti ed andesiti sono le rocce vulcaniche più rappresentate, mentre le vulcaniti di composizione acida sono subordinate.

Riguardo ai complessi plutonici, occorre dire che essi sono distribuiti secondo un andamento che vede i plutoni più antichi concentrati prevalentemente nell' area settentrionale (le piccole masse paleozoiche della porzione guatemalteca del blocco Chortis), passando per la porzione centrale con le estese masse di plutoniti terziarie del Nicaragua occidentale, mentre i plutoni più recenti (Plio-Pleistocenici) sono concentrati prevalentemente ai limiti meridionali del blocco Chortega (Costa Rica, Panama). Con riferimento ai plutoni di età più recente, la loro composizione abbraccia un ampio spettro, da gabbrodioriti a graniti, con questi ultimi nettamente dominanti. E' abbastanza frequente la testimonianza della presenza di masse plutoniche nel sottosuolo, venga portata da inclusi di rocce intrusive nelle lave dei vulcani attivi (S. Maria, Atitlan, etc).

L'imponente cordigliera vulcanica, che si sviluppa per lo più parallelamente alla costa pacifica, è costituita da un arco vulcanico che include 75 vulcani. Un quarto di essi considerati estinti, metà in quiescenza, mentre la restante parte è costituita da vulcani attivi, distribuiti in una stretta fascia estesa per circa 1000 km, compresa tra il Guatemala ed il Costa Rica: dal vulcano Tacana, al confine tra Guatemala e Messico, sino al vulcano Turrialba in Costa Rica, anche se verosimilmente il vulcano Baru (Panama) appartiene allo stesso sistema geodinamico.

Tra i centri vulcanici più attivi, si ricordano il vulcano Fuego (Guatemala), che costituisce uno dei complessi più importanti, il Santa Maria (Guatemala), l'Izalco (El Salvador), Las Pilas-Cerro Negro, Momotombo e Conception (Nicaragua), Rincon de la Vieja, Poas, Irazu, Arenal e Turrialba (Costa Rica). Tuttavia, questa lista non

(Guatemala), el Izalco (El Salvador), Las Pilas-Cerro Negro, Momotombo y Concepción (Nicaragua), Rincón de la Vieja, Poás, Irazú, Arenal y Turrialba (Costa Rica). No obstante, esta lista no tiene totalmente en cuenta a muchos otros centros volcánicos cuya actividad se ha desarrollado en periodos prehistóricos.

A través de toda América Central, con la única excepción de Costa Rica, el frente volcánico coincide con una zona sísmica relativamente superficial, presumiblemente creada por un sistema de fallas transformantes laterales derechas, paralelo a la dirección del frente volcánico y asociado a fallas normales con dirección Norte-Sur y zonas tectónicamente deprimidas (graben) a ellas asociadas.

La composición de los magmas eruptados varía con una cierta sistematicidad a lo largo del arco en función de las condiciones específicas de subducción: velocidad local de subducción, profundidad de la región de manto emergente, edad de la corteza oceánica subducida, espesor de la corteza continental súper puesta. El arco volcánico resulta, además, tectónicamente subdividido en varios segmentos que enfatizan la relación entre la tipología de vulcanismo y la migración de la actividad volcánica en el tiempo. Una segmentación geográfica del frente volcánico distribuido a lo largo de la costa, propuesta por recientes estudios científicos, resume las características de cada segmento, como la posición, la longitud y la profundidad de los hipocentros de los terremotos asociados con cada área (Cuadro 7).

tiene completamente conto di molti altri centri vulcanici la cui attività si è sviluppata in periodi preistorici.

Attraverso tutto il Centro America, con la sola eccezione del Costa Rica, il fronte vulcanico coincide con una zona sismica relativamente superficiale presumibilmente creata da un sistema di faglie trasformi laterali destre parallelo all'allineamento del fronte vulcanico ed associato a faglie normali con direzione nord-sud e zone tettonicamente depresse (graben) ad esse associate.

La composizione dei magmi eruttati varia con una certa sistematicità lungo l'arco in funzione delle specifiche condizioni di subduzione: velocità locale di subduzione, profondità della regione di mantello sorgente, età della crosta oceanica subdotta, spessore della crosta continentale sovrastante. L'arco vulcanico risulta, inoltre, tettonicamente suddiviso in diversi segmenti che enfatizzano la relazione tra la tipologia di vulcanismo e la migrazione dell' attività vulcanica nel tempo. Una segmentazione geografica del fronte vulcanico distribuito lungo la costa, proposta da recenti studi scientifici, riassume le caratteristiche di ciascun segmento, come la posizione, la lunghezza e la profondità degli ipocentri dei terremoti associati a ciascuna area (Tabella 7).

SEGMENTO	DIRECCIÓN DEL FRENTE	LONGITUD DEL SEGMENTO (KM)	PROFUNDIDAD DE LA ZONA FUENTE (KM)
Occidente de Guatemala	N63W	45	120
Centro de Guatemala	N65W	145	120
Oriente de Guatemala	N65W	90	105
El Salvador	N74W	240	150
Occidente de Nicaragua	N56W	175	170
Oriente de Nicaragua	N49W	120	210
Occidente de Costa Rica	N57W	130	100
Oriente de Costa Rica	N60W	115	75

Cuadro 7. Características de los segmentos del Arco Volcánico Centroamericano, (modificado desde Carr, 1984), con la profundidad de las zonas de manto emergente en relación con el slab en succión.

4.2

Dinámica Eruptiva y Peligrosidad Vinculada

Dinamiche Eruttive e Pericolosità Connessa

4.2.1 Dinámicas eruptivas y peligrosidad volcánica vinculada

En los magmas de arco, la combinación entre la riqueza intrínseca en H_2O diluida y la viscosidad medio-elevada de los magmas más abundantes (andesitas-riolitas) crea los presupuestos para el desarrollo de fuertes presiones superiores de la fase volátil que se va liberando del magma (exsolución) durante la despresurización por remontada y luego por dinámicas eruptivas caracterizadas por explosividad medio-elevada. El contenido de H_2O disuelta y la profundidad a la cual inicia la liberación de la fase volátil, unido a la velocidad de remontada del magma, son variables que controlan la explosividad del evento. En el territorio bajo examen están ampliamente representadas las principales tipologías eruptivas asociadas a eventos explosivos, los cuales se pueden sumariamente agrupar como sigue:

- erupciones de baja explosividad, de tipo Estromboliano, con productos de escoria eyectados en un radio usualmente inferior a los 200 m del cráter, con columnas eruptivas de hasta 100 o 200 metros de altura.

- erupciones de alta/altísima explosividad, de tipo sub-pliniano/pliniano (ej., Volcán Masaya, Nicaragua) cuyos productos (pómez, cenizas) son distribuidos por decenas/centenas de km y las columnas eruptivas pueden superar los 20 km de altura.

Normalmente, pero no exclusivamente, con esta tipología eruptiva está asociada también la producción de flujos piroclásticos (pyroclastic flows o corrientes de densidad piroclástica concentradas, Fig. 4.1) de cuya solidificación derivan los depósitos ignimbriticos. Los flujos piroclásticos están constituidos por masas a alta temperatura (500°-900°C) de magma, ceniza, gas y fragmentos de rocas sólidas que se mueven a gran velocidad (50-200 km/h) a los lados del volcán,

4.2.1 Dinamiche eruttive e pericolosità vulcanica connessa

Nei magmi di arco, la combinazione tra la ricchezza intrinseca in H_2O disciolta e la viscosità medio-elevata dei magmi più abbondanti (andesiti-rioliti) crea i presupposti per lo sviluppo di forti sovrappressioni della fase volatile che si va liberando dal magma (essoluzione) durante la depressurizzazione per risalita, e quindi per dinamiche eruttive caratterizzate da esplosività medio-elevata. Il contenuto di H_2O disciolta e la profondità alla quale inizia la liberazione della fase volatile, unitamante alla velocità di risalita del magma, sono le variabili che controllano l' esplosività dell'evento. Nel territorio in esame sono ampiamente rappresentate le principali tipologie eruttive associate ad eventi esplosivi, che si possono sommariamente raggruppare come segue :

- *eruzioni a bassa esplosività, di tipo Stromboliano, con prodotti scoriacei eiettati in un raggio solitamente inferiore ai 200 m dal cratere, con colonne eruttive alte fino a 100-200 m.*

- *eruzioni ad alta/altissima esplosività, di tipo sub-pliniano/pliniano (es. Vulcano Masaya, Nicaragua) i cui prodotti (pomici, ceneri) sono distribuiti per decine/centinaia di km, e le colonne eruttive possono superare i 20 km di altezza.*

Solitamente, ma non esclusivamente, a questa tipologia eruttiva è associata anche la produzione di flussi piroclastici (pyroclastic flows o correnti di densità piroclastica concentrate, Fig. 4.1) dalla cui solidificazione derivano i depositi ignimbritici. I flussi piroclastici sono costituiti da masse ad alta temperatura (500°-900°C) di magma, cenere, gas e frammenti di rocce solide che si muovono ad alta velocità (50-200 km/h) lungo i fianchi del

representando por estas sus características el fenómeno eruptivo de mayor potencial devastador (ej., Volcán Santa María, Guatemala).

En la categoría eruptiva caracterizada por alta explosividad están incluidas las erupciones freatomagmáticas cuyo detonador está dado por la interacción del magma con agua externa (usualmente contenida en los mantos freáticos del subsuelo), que originan las oleadas piroclásticas (o corrientes de densidad piroclástica diluidas), cuya consolidación origina las tobas. Estas últimas son un depósito piroclástico caracterizado por granulometría de las partículas contenidas muy diminuta, subsiguiente a la fragmentación del magma a continuación de la interacción con agua freática acaecida. Los volcanes caracterizados por esta tipología eruptiva son múltiples, entre estos se recuerda al Volcán Ilopango (El Salvador).

La presencia de depósitos piroclásticos poco cohesionados constituye el presupuesto para un fenómeno post magmático (por tanto, no eruptivo en sentido estricto) pero que tiene un altísimo potencial de devastación: las coladas de lodo (lahar, Fig. 4.1). Es un fenómeno que se basa en la movilización repentina de material piroclástico poco compacto por obra de masas relevantes de agua de lluvia, que origina un fluido fangoso de alta densidad y, por lo mismo, de gran capacidad de transporte de objetos densos y voluminosos (bloques rocosos, troncos, etc.).

vulcano, rappresentando per queste loro caratteristiche il fenomeno eruttivo a maggior potenziale di devastazione (es. Vulcano Santa Maria, Guatemala).

Nella categoria eruttiva caratterizzata da alta esplosività sono incluse le eruzioni freatomagmatiche il cui innesco è dato dall' interazione del magma con acqua esterna (solitamente contenuta nelle falde freatiche del sottosuolo), che originano i surge piroclastici (o correnti di densità piroclastica diluite), il cui consolidamento origina i tufi. Questi ultimi sono un deposito piroclastico caratterizzato da granulometria molto minuta delle particelle costituenti, conseguente alla frammentazione del magma in seguito all'avvenuta interazione con acqua freatica. I vulcani caratterizzati da questa tipologia eruttiva sono molteplici, tra essi si ricorda il Vulcano Ilopango (El Salvador).

La presenza di depositi piroclastici poco coesi costituisce il presupposto per un fenomeno post magmatico (quindi non eruttivo in senso stretto) ma che ha un altissimo potenziale di devastazione: le colate di fango (lahar, Fig. 4.1). E' un fenomeno che si basa sulla mobilizzazione improvvisa di materiale piroclastico sciolto ad opera di masse rilevanti di acque piovane, che origina un fluido fangoso ad alta densità e quindi grande capacità di trasporto di oggetti densi e voluminosi (blocchi rocciosi, tronchi, etc).

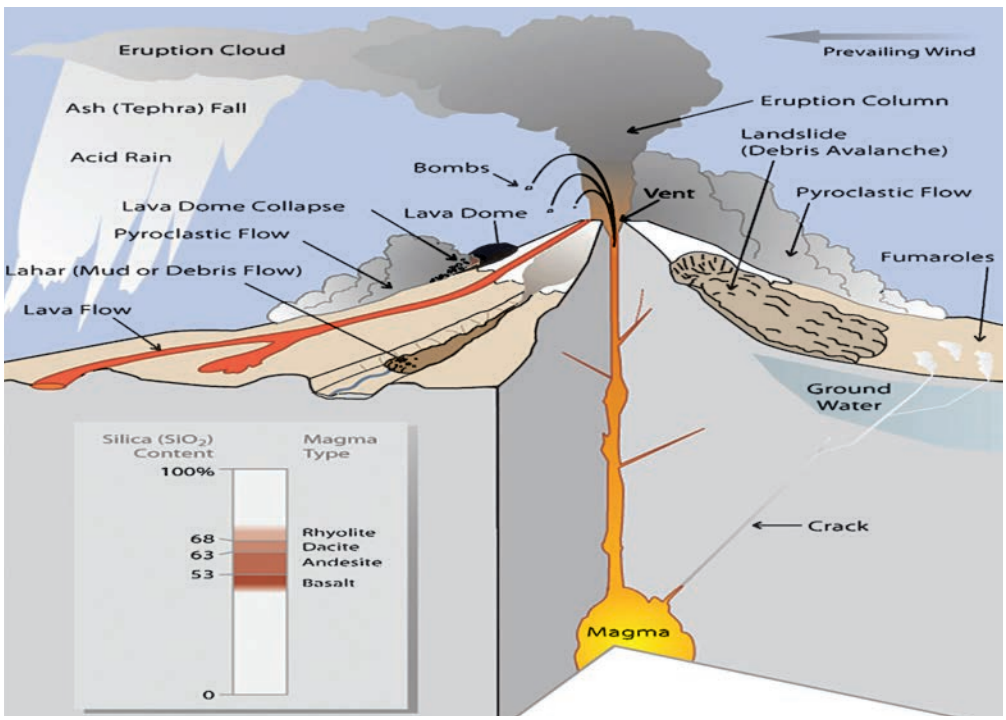


Fig. 4.1 - Esquema simplificado de los hazards asociados con la actividad eruptiva de un volcán. Fenómenos como deslizamientos (landslide-debris avalanches) y lahar pueden ser desencadenados aun cuando el volcán no está erupcionando (B. Meyer-USGS 002-97).

Este fenómeno, solo indirectamente vinculado a la actividad eruptiva, está ampliamente presente en América Central y representa uno de los eventos de mayor riesgo al cual son atribuibles, seguramente, la mayor parte de las pérdidas de vidas humanas (ej. Volcanes de Agua, Guatemala; San Vicente, El Salvador; Casita, Nicaragua).

Desde el punto de vista vulcanológico, América Central está considerada, después de Indonesia, la zona más activa de nuestro planeta. Los cinturones volcánicos, con su actividad, ha diseñado paisajes espectaculares, compuestos por imponentes aparatos volcánicos, calderas, lagos volcánicos que han contribuido en modo substancial, y a veces dramático, al desarrollo económico y cultural de las naciones en la región.

Los aparatos volcánicos que se encuentran en Guatemala, Nicaragua y El Salvador inducen diferentes hazard geológicos que dependen de la tipología y la grandeza de los volcanes, de la composición del magma, de la interacción de este último con el manto freático, a lo cual es necesario agregar el grado de inclinación de las vertientes, además del espesor, la estabilidad de los depósitos volcánicos y su distribución de área (Fig. 4.2).

Questo fenomeno, solo indirettamente connesso all' attività eruttiva, è ampiamente diffuso in Centro America e rappresenta uno degli eventi a maggior rischio al quale sono sicuramente attribuibili la maggior parte di perdite di vite umane (es. Vulcani Agua, Guatemala; S. Vicente, El Salvador; Casita, Nicaragua).

Dal punto di vista vulcanologico il Centro America è considerato, dopo l'Indonesia, la zona più attiva del nostro pianeta. Le cinture vulcaniche, con la loro attività hanno disegnato paesaggi spettacolari, composti da imponenti apparati vulcanici, caldere, laghi vulcanici, che hanno contribuito in modo sostanziale, e talvolta drammatico, allo sviluppo economico e culturale delle singole nazioni.

Gli apparati vulcanici che si trovano nel Guatemala, Nicaragua El Salvador inducono differenti hazard geologici, che dipendono dalla tipologia e grandezza dei vulcani, dalla composizione del magma, dall'interazione di quest'ultimo con la falda freatica, a cui bisogna aggiungere il grado di pendenza dei versanti, nonché lo spessore, la stabilità dei depositi vulcanici e la loro distribuzione areale (Fig. 4.2).

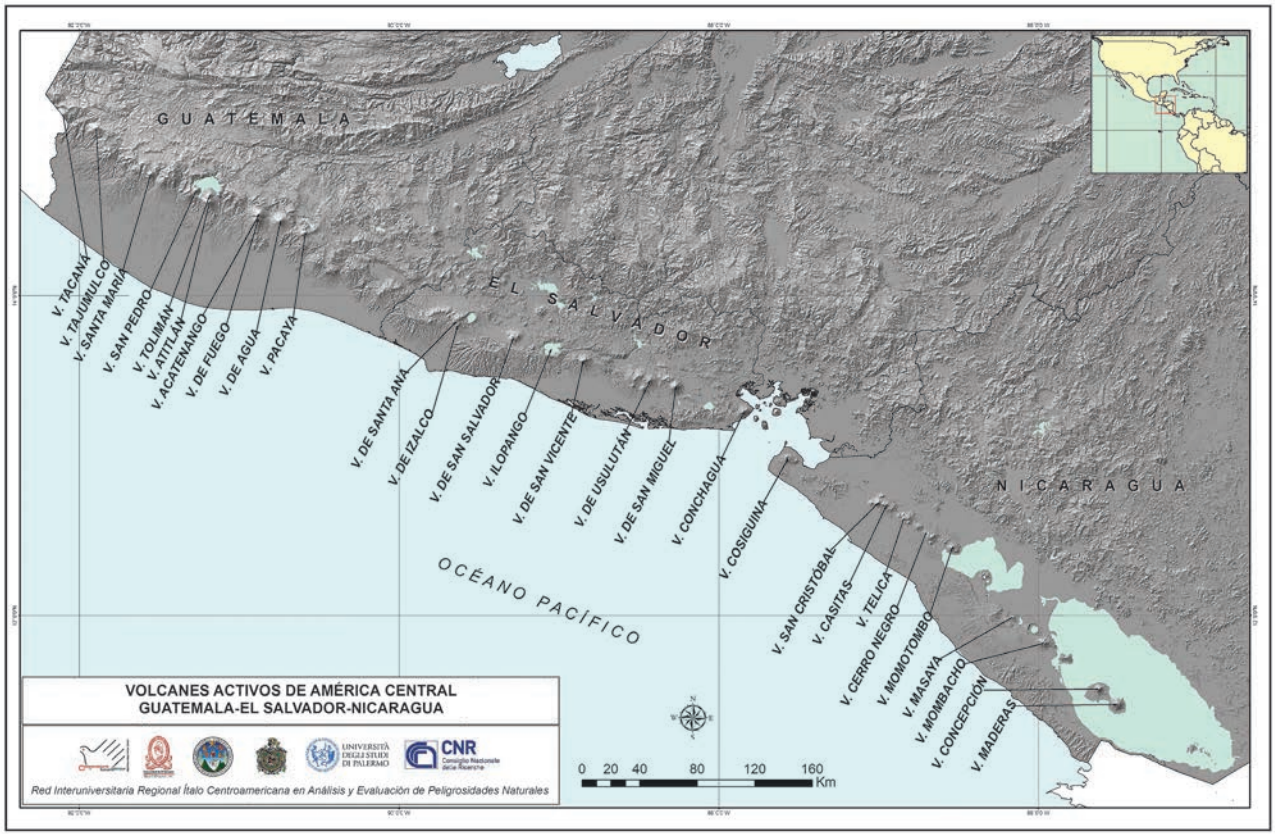


Fig. 4.2 - Distribución de los volcanes activos en Guatemala, El Salvador y Nicaragua.

Actualmente, en la óptica de la mitigación de los efectos, se encuentran en marcha estudios detallados para volcanes activos ubicados en las cercanías de los mayores aglomeramientos urbanos y, por ello, áreas de mayor riesgo. Solo para Nicaragua ya está hoy por hoy disponible un mapa de peligrosidad volcánica relativa al territorio nacional, en el cual se evidencian las características del posible evento esperado, como la tipología de erupción, las áreas fuente o de emersión y las zonas afectadas por eventuales colapsos caldéricos, lahar, coladas lávicas y actividad hidromagmáticas (Fig. 4.3).

Attualmente, nell'ottica della mitigazione degli effetti, sono in corso studi di dettaglio per i vulcani attivi ubicati nei pressi dei maggiori agglomerati urbani, e quindi aree a maggiore rischio. Solo per il Nicaragua è ad oggi disponibile una carta di pericolosità vulcanica relativa al territorio nazionale, in cui sono evidenziate le caratteristiche del possibile evento atteso, come la tipologia di eruzione, le aree sorgente e le zone interessate da eventuali collassi calderici, lahar, colate laviche e attività idromagmatiche (Fig. 4.3).

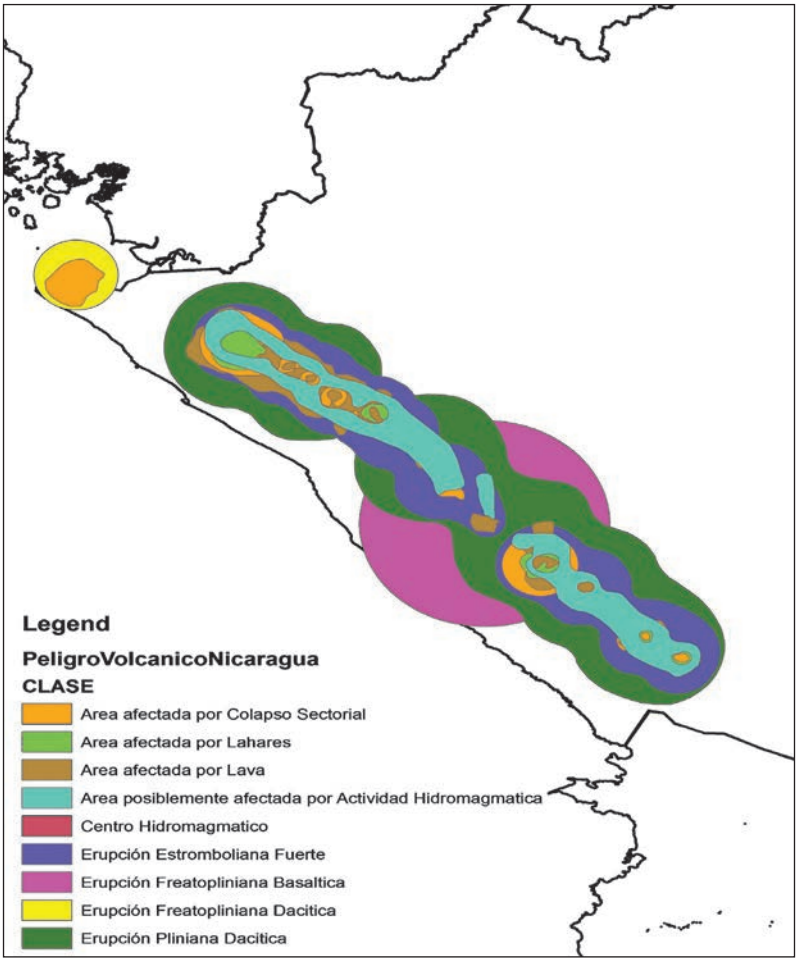


Fig. 4.3 - Mapa de la peligrosidad volcánica de Nicaragua: con los diferentes colores se indican la posibles erupciones esperadas (Pliniana, Freatopliniana, Estromboliana), las áreas fuente y las zonas afectadas por colapsos, por flujos lávicos, por lahar, por coladas lávicas y por actividad hidromagmática (INETER).

4.2.2 Principales amenazas vinculadas a actividad volcánica en Guatemala

El sistema volcánico activo está subdividido en segmentos ya sea por posición como por amplitud de los centros volcánicos eruptivos, lo cuales tienen una bien definida tipología de magmas emergidos, también se

4.2.2 Principali pericolosità connesse con attività vulcaniche in Guatemala

Il sistema vulcanico attivo è suddiviso in segmenti sia per posizione che per ampiezza dei centri vulcanici eruttivi, i quali hanno una ben definita tipologia di magmi emessi, anche se sono documentati processi di mescolamento

han documentado procesos de mezcla entre los varios tipos de magma en función de las profundidades de formación y de integración de los mismos.

El frente volcánico actual, fuente de todas las erupciones históricas de América Central y de todas las rocas volcánicas cuaternarias, está marcado por los diferentes alineamientos de los centros volcánicos activos. Estos segmentos poseen entre 165 y 190 km de ancho, en relación con el eje del Middle America Trench, con una profundidad de la zona sísmica por debajo de ellos decididamente variable. La inmersión de la zona sísmica parece hundirse hacia el centro del frente volcánico y, por consiguiente, las profundidades resultan menores de los 100 km en Guatemala y Costa Rica. En Guatemala están presentes importantes rasgos transversales, respecto del frente principal, con 2 o más sistemas volcánicos compuestos o domos que se yuxtaponen. El frente volcánico está caracterizado, también, por numerosas calderas que han eruptado piroclásticos ácidos. En particular, las calderas guatemaltecas se localizan hacia tierra adentro respecto de los varios centros volcánicos.

Las lavas varían composicionalmente de basálticas a andesitas basálticas de riolitas, pero solamente poquísimos entre los basaltos son realmente primitivos (no modificados sensiblemente durante la remontada por separación de cristales enseguida del enfriamiento) como lo testimonian los valores de MgO siempre inferiores al 6% (mayor es el contenido en MgO, mayor será el carácter primitivo del magma). En el centro y occidente de Guatemala, donde la corteza continental es más antigua y gruesa, las lavas basálticas están presentes, de todos modos, pero su abundancia y la concentración de MgO es relativamente baja. En la gran mayoría de los productos volcánicos de América Central, es típica la presencia de grandes fenocristales de plagioclasas fuertemente zonificadas en magmas de composición intermedia de tipo andesítico. La magnetita es ubiquitaria y el olivino es común en los productos menos evolucionados (basaltos – andesitos basálticos). La geoquímica de la mayor parte de los magmas del frente volcánico está marcada por una baja concentración de TO_2, fuertes enriquecimientos en elementos trazas con enriquecimientos en elementos incompatibles de amplio radio iónico, LILE (Rb, Ba, La, Ce, etc.) y empobrecimientos en elementos de alto campo de fuerza, HFSE (Nb, Zr, Ta, Hf).

Guatemala, dentro de la segmentación geográfica del frente volcánico, resulta afectado por tres diferentes segmentos:

tra i vari tipi di magma in funzione delle profondità di formazione ed interazione degli stessi.

Il fronte vulcanico attuale, sorgente di tutte le eruzioni storiche del Centro America e di tutte le rocce vulcaniche quaternarie, è marcato dai diversi allineamenti dei centri vulcanici attivi. Questi segmenti sono larghi da 165 a 190 km, rispetto all'asse del Middle America Trench con una profondità della zona sismica al di sotto di essi decisamente variabile. L'immersione della zona sismica sembra approfondirsi verso il centro del fronte vulcanico e, di conseguenza, le profondità diventano minori di 100 km in Guatemala e Costa Rica. In Guatemala sono presenti importanti lineamenti trasversali, rispetto al fronte principale, con 2 o più sistemi vulcanici compositi o duomi che si sovrappongono. Il fronte vulcanico è anche caratterizzato da caldere risultanti da voluminose eruzioni di piroclastiti acide. In particolare le caldere guatemalteche sono localizzate verso l'entroterra rispetto ai vari centri vulcanici.

Le lave variano composizionalmente da basati ad andesiti basaltiche a rioliti, ma solamente pochissimi tra i basalti sono realmente primitivi (non modificati sensibilmente durante la risalita per separazione di cristalli conseguente al raffreddamento) come testimoniato dai valori di MgO sempre inferiori al 6% (maggiore il contenuto in MgO, maggiore la primitività del magma). Nel Guatemala centrale ed occidentale, dove la crosta continentale è più vecchia e spessa le lave basaltiche sono comunque presenti ma la loro abbondanza e la concentrazione di MgO è relativamente bassa. Nella stragrande maggioranza dei prodotti vulcanici del Centro America, è tipica la presenza di grossi fenocristalli di plagioclasi fortemente zonati in magmi di composizione intermedia di tipo andesitico. La magnetite è ubiquitaria e l'olivina è comune nei prodotti meno evoluti (basalti - andesiti basaltiche). La geochimica della maggior parte dei magmi del fronte vulcanico è marcata da basse concentrazioni di TO_2, forti arricchimenti in elementi in traccia con arricchimenti in elementi incompatibili a largo raggio ionico, LILE (Rb, Ba, La, Ce, etc) e impoverimenti in elementi ad alta forza di campo, HFSE (Nb, Zr, Ta, Hf).

Il Guatemala, all'interno della segmentazione geografica del fronte vulcanico risulta interessato da tre distinti segmenti:

(i) Guatemala Occidentale, che include i vulcani attivi: 1) Tacanà , con volume di materiale eruttato stimato

(i) Occidente de Guatemala, que incluye los volcanes activos: 1) Tacaná, con volumen de material eruptado estimado por el orden de los 20 km^3; 2) Tajumulco, con volumen de material eruptado estimado en unos 20 km^3 (Fig. 4.2).

(ii) El segmento central de Guatemala, considerado el más activo de Centroamérica, ha registrado una actividad volcánica continua a partir de 1920. Las frecuentes erupciones han sido prevalecientemente explosivas y han originado, inter alia, varios flujos piroclásticos (nubes ardientes). Este segmento está caracterizado por cinco volcanes activos: 1) Santa María-Santiaguito y Siete Orejas, con volumen de material eruptado estimado por el orden de los 65 km^3; 2) Atitlán-Tolimán, con volumen de material eruptado estimado en unos 120 km^3; 3) Fuego-Acantenango, con volumen de material eruptado estimado por el orden de los 110 km^3; 4 y 5) Agua y Pacaya, con volumen de material eruptado estimado en unos 45 km^3 (Fig. 4.2).

(iii) El segmento oriental está, en cambio, dominado por los volcanes Tecuamburro y Moyuta, con respectivamente, 35 y 110 km^3 de material eruptado en edad prehistórica (Fig. 4.2).

Para una correcta evaluación del hazard volcánico en Guatemala, es necesario tener presente la distribución espacial de los volcanes en relación con la ubicación de las zonas pobladas. En la Fig. 4.4 se presentan las más grandes zonas pobladas y los complejos volcánicos activos e inactivos. Solo para algunos de estos existen estudios recientes con mapas de hazard vinculados a su actividad (Fuego-Acatenango, Agua), mientras los otros son objeto de investigaciones en curso (Pacaya, Atitlán, Santa María, Santiaguito).

De estos, se destaca como extremadamente peligroso el complejo volcánico Fuego-Acatenango, en cuyas áreas circundantes viven más de 100,000 personas, potencialmente en riesgo. Este complejo está caracterizado por numerosos centros eruptivos, que periódicamente colapsan formando enormes debris avalanches, el más grande de los cuales se extendió hasta 50 km de la zona fuente, cubriendo una superficie de más de 300 km^2. En particular, el volcán de Fuego se encuentra en las proximidades de la ciudad de Antigua Guatemala, uno de los mayores centros turísticos de Guatemala. El de Fuego se ha caracterizado por más de 60 erupciones históricas que han producido extensas emanaciones de cenizas y flujos piroclásticos. Las

dell'ordine di 20 km^3; 2) Tajumulco, con volume di materiale eruttato stimato dell'ordine di 20 km^3 (Fig. 4.2).

(ii) Il segmento centrale del Guatemala, considerato il più attivo del Centroamerica, ha registrato una attività vulcanica continua a partire dal 1920. Le frequenti eruzioni sono state prevalentemente esplosive ed hanno originato, inter alia, vari flussi piroclastici (nubi ardenti). Questo segmento è caratterizzato da cinque vulcani attivi: 1) Santa Maria-Santiaguito e Siete Orejas, con volume di materiale eruttato stimato dell'ordine di 65 km^3; 2) Atitlan-Tolimàn, con volume di materiale eruttato stimato dell'ordine di 120 km^3; 3) Fuego-Acantenango, con un volume di materiale eruttato stimato dell'ordine di 110 km^3; 4 e 5) Agua e Pacaya con 45 km^3 (Fig. 4.2).

(iii) Il segmento orientale è invece dominato dai vulcani Tecuamburro e Moyuta, con rispettivamente, 35 e 110 km^3 di materiale eruttato in età preistorica (Fig. 4.2).

Per una corretta valutazione dell'hazard vulcanico in Guatemala bisogna tener presente la distribuzione spaziale dei vulcani in rapporto all'ubicazione dei centri abitati, nella Fig. 4.4 sono riportati i maggiori centri urbani ed i complessi vulcanici attivi e dormienti. Solo per alcuni di questi esistono studi recenti con mappe di hazard connesse alla loro attività (Fuego-Acatenango, Agua), mentre gli altri sono oggetto di ricerche in progress (Pacaya, Atitlan, Santa Maria, Santiaguito).

Fra questi risulta estremamente pericoloso il complesso vulcanico Fuego-Acatenango, nelle cui aree circostanti vivono più di 100.000 persone, potenzialmente a rischio. Questo complesso è caratterizzato da numerosi centri eruttivi, che periodicamente collassano formando enormi debris avalanches, il più grande dei quali si estese fino a 50 km dalla zona sorgente, coprendo una superficie di più di 300 km^2. In particolare, il vulcano Fuego si trova in prossimità dell'abitato di Antigua , uno dei maggiori centri turistici del Guatemala. Il Fuego è stato caratterizzato da oltre 60 eruzioni storiche che hanno prodotto estese eruzioni di ceneri e flussi piroclastici. Le maggiori eruzioni risalgono al 1971 e al 1974, interessando sia la zona costiera che quella più interna. E' importante sottolineare che eruzioni di questo tipo possono incidere in maniera determinante sul turismo e di conseguenza sull'economia.



Fig. 4.4 - Ubicación de los mayores centros urbanos de Guatemala y la distribución territorial de los más grandes aparatos volcánicos considerados activos y dormidos, (modificada por Schilling et al., 2001).

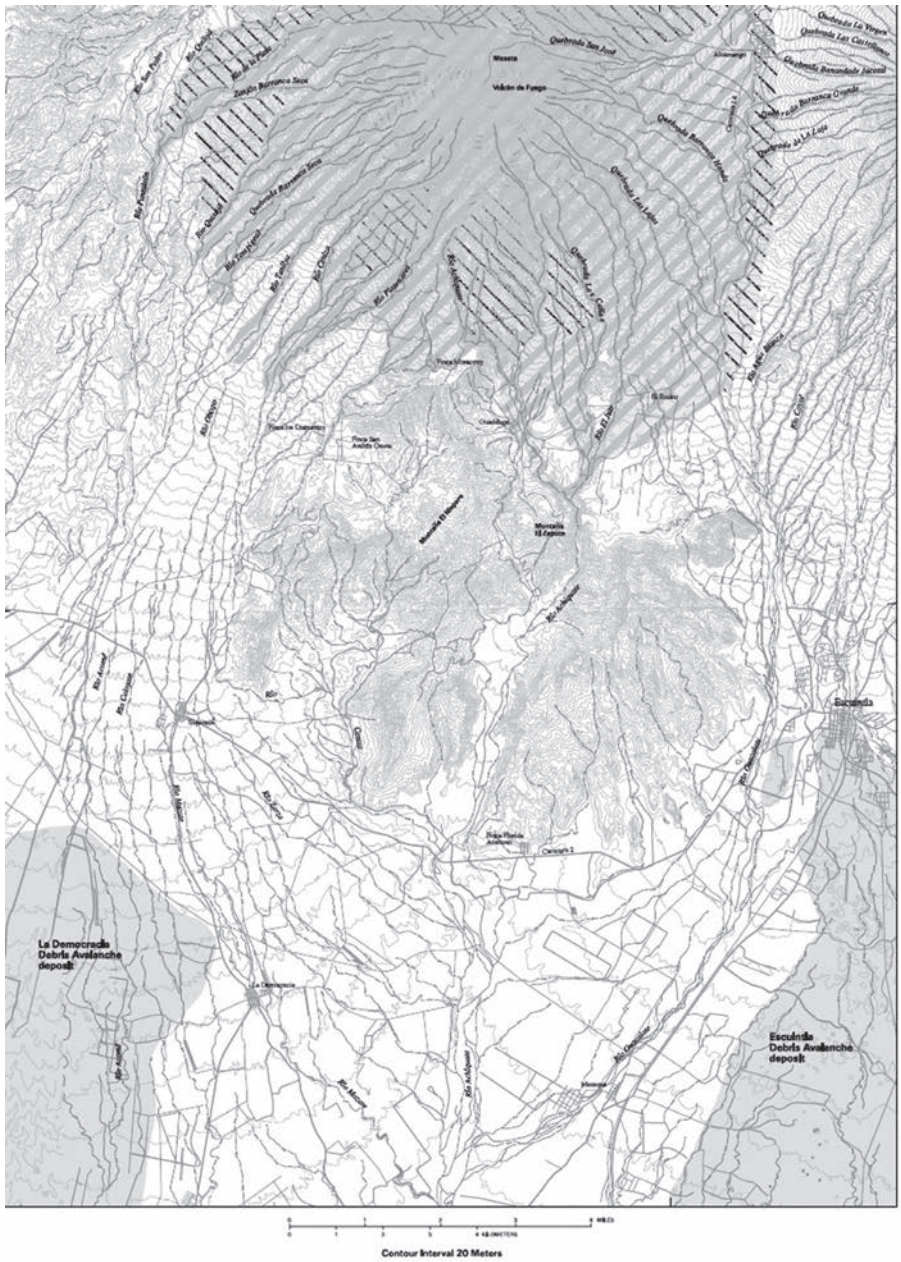
mayores erupciones se remontan al 1971 y al 1974, afectando tanto la zona costera como la más interna. Es importante subrayar que erupciones de este tipo pueden incidir de manera determinante sobre el turismo y consiguientemente sobre la economía.

A las erupciones volcánicas hace falta agregar también otros posibles riesgos a los cuales están sujetos las comunidades locales, derivados del desencadenarse de procesos gravitacionales de dimensiones más o menos variables, inducidos también en ausencia de actividad volcánica. Estos fenómenos pueden ser provocados por lluvias torrenciales y/o fenómenos sísmicos para luego transformarse en catastróficos lahares. Por este motivo, resultan particularmente importantes los mapas de hazard. Vallance et al. (2001) han efectuado estudios en este sentido, elaborando mapas de hazard volcánico en los que están evidenciadas las áreas potencialmente afectables por fenómenos de lahar (proximales y distales), flujos lávicos, flujos piroclásticos y surges para el volcán de Fuego (Fig. 4.5).

Analógicamente, para el volcán de Agua, Schilling et al. (2001), realizaron mapas de hazard relativos a los fenómenos de lahar. De hecho, el volcán de Agua, situado a pocos kilómetros de la Antigua Guatemala y de la Ciudad de Guatemala, si bien inactivo en tiempos históricos, está potencialmente en capacidad de desencadenar extensos fenómenos de lahar, poniendo en riesgo todas las áreas pobladas circundantes (Fig. 4.6).

Alle eruzioni vulcaniche bisogna aggiungere anche altri possibili rischi a cui sono soggette le comunità locali, derivanti dall'innesco di fenomeni franosi di dimensioni più o meno variabili, indotti anche in assenza di attività vulcanica. Questi fenomeni possono essere innescati da piogge torrenziali e/o fenomeni sismici e quindi trasformarsi in catastrofici lahar. Per questo motivo risultano particolarmente importanti le mappe di hazard. Vallance et al. (2001) hanno effettuato studi in questo senso, elaborando mappe di hazard vulcanico in cui sono evidenziate le aree potenzialmente interessate da fenomeni di lahar (prossimali e distali), flussi lavici, flussi piroclastici e surges per il vulcano Fuego (Fig. 4.5).

Analogamente, per il vulcano Agua, Schilling et al. (2001), hanno realizzato mappe di hazard relative ai fenomeni di lahar. Infatti il vulcano Agua situato a pochi chilometri da Antigua e da Città del Guatemala, sebbene non attivo in tempi storici, è potenzialmente in grado di innescare estesi fenomeni di lahar, mettendo a rischio tutte le circostanti aree abitate (Fig. 4.6).



Volcano Hazards of Fuego Volcano, Guatemala

EXPLANATION

Pyroclastic-flow and lava-flow Hazard Zone

Areas that could be affected by pyroclastic flows, pyroclastic surges, lava flows, and ballistic projectiles in future eruptions from Fuego volcano [1]. During any single eruption, some drainages may be affected by some or al phenomena, while others may be completely unaffected.

Ash-cloud-surge Hazard Zone

Areas that could be affected by hot flowing ash clouds at the margins of pyroclastic flows.

La Democracia and Escuintla Debris Avalanche deposits.



Location Map

NOTE: Although the map shows sharp boundaries for hazard zones, the degree of hazard does not change abruptly at these boundaries. Rather, the hazard decreases gradually as distance from the volcano increases (small volume events are more common than large volume events). In addition, for lahars, the hazard decreases rapidly as elevation above the valley floor increases. Areas immediately beyond outer hazard zones should not be regarded as hazard-free, because the boundaries of hazard zones can be located only approximately, especially in areas of low relief. Many uncertainties about the source, size, and mobility of future events preclude locating the boundaries of zero-hazard zones precisely.

Numerals in brackets refer to end notes in the report.

Fig. 4.5 - Mapa de hazard del Volcán de Fuego, en el cual se evidencian las áreas potencialmente afectables por flujos lávicos, flujos piroclásticos y surges (Vallance et al., 2001).

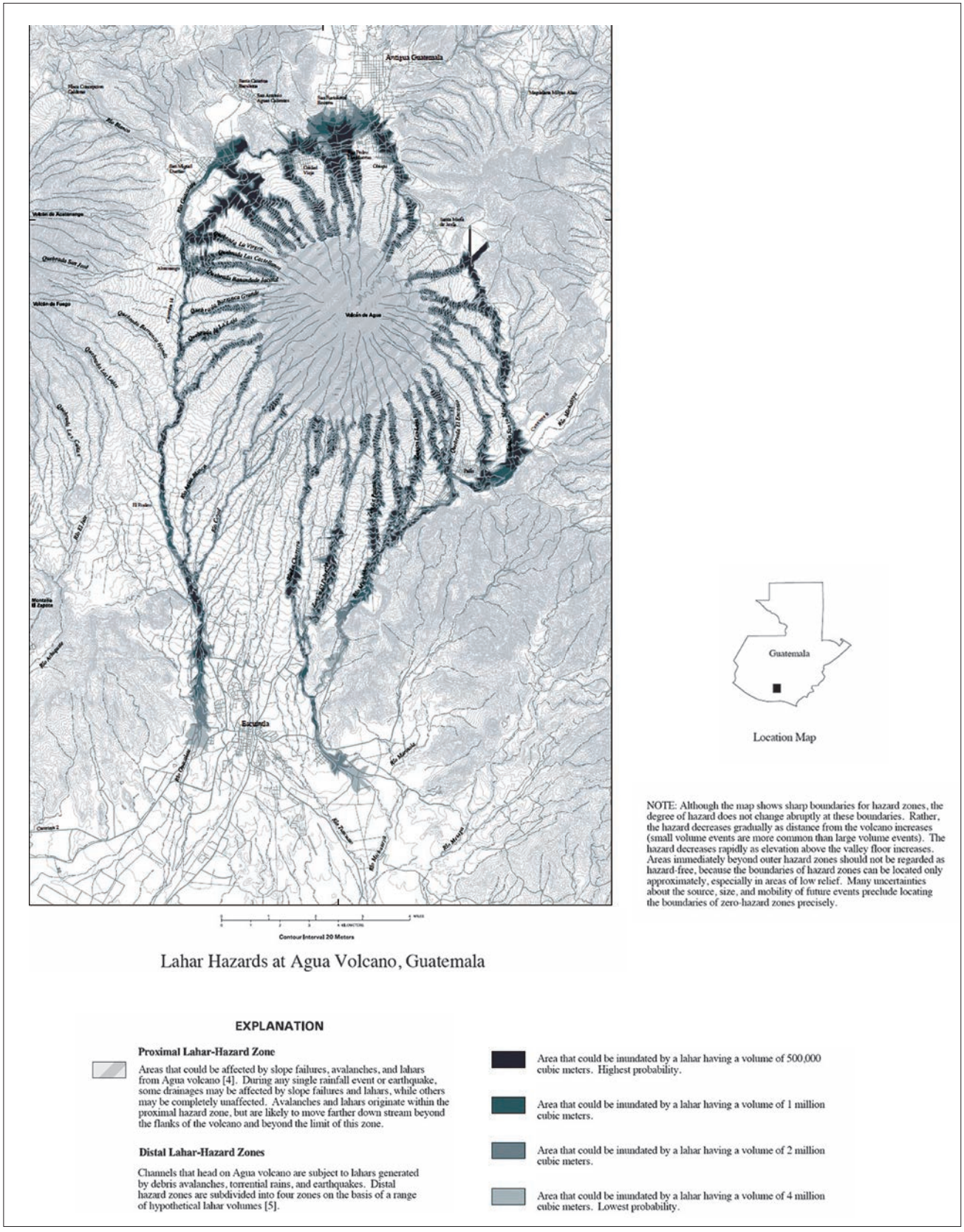


Fig. 4.6 - Mapa de hazard del Volcán de Agua, en el cual se evidencian las áreas que potencialmente podrían ser afectadas por lahar, asociándolas con los volúmenes de materiales, variables de 500,000 m³ (alta probabilidad) a 4 millones de m³ (baja probabilidad), (Schilling et al., 2001).

Algunos volcanes activos de Guatemala

De los casi 22 volcanes presentes en Guatemala, cerca de la mitad son considerados activos, y de algunos se describen a continuación las principales características (modificado por Smithsonian Institution): Acatenango, Agua, Almolonga, Atitlán, Fuego, Pacaya, Santa María y Tolimán (Fig. 4.7) .

Alcuni vulcani attivi del Guatemala

Dei circa 22 vulcani presenti in Guatemala circa la metà sono considerati attivi, e di alcuni vengono descritti di seguito le caratteristiche principali (modificato da Smithsonian Institution): Acatenango, Agua, Almolonga, Atitlan, Fuego, Pacaya, Santa Maria e Toliman (Fig. 4.7) .



Fig. 4.7 – Localización de algunos de los volcanes de Guatemala (USGS).

ACATENANGO

El macizo Fuego-Acatenango comprende una cadena compuesta por ocho volcanes con dirección Norte-Sur, perpendicular al arco volcánico centroamericano guatemalteco. Del complejo volcánico, el de Fuego, con su imponente edificio de estratovolcán, domina la antigua capital histórica del país, hoy llamada La Antigua Guatemala. El volcán Acatenango (Fig. 4.8), se eleva a 3,796 m de altura y se caracteriza por dos cimas formadas durante tres períodos de vulcanismo explosivo acaecidos en los últimos 85,000 años. Erupciones históricas bien documentadas se remontan al período 1924-1927, sucedidas al Norte del "Pico Mayor" y de nuevo en 1972 entre Yepocapa y el "Pico Mayor". Estas erupciones freatomagmáticas produjeron ceniza

ACATENANGO

Il massiccio Fuego-Acatenango comprende una catena composta da otto vulcani con direzione Nord–Sud, perpendicolare all'arco vulcanico centroamericano guatemalteco. Del complesso vulcanico, il Fuego, con il suo imponente edificio a stratovulcano domina l'antica capitale storica di Antigua Il vulcano Acatenango (Fig. 4.8), si eleva per 3796 m di altezza, caratterizzato da due sommità formatesi durante i tre periodi di vulcanismo esplosivo avvenuti negli ultimi 85.000 anni. Eruzioni storiche ben documentate risalgono al periodo 1924-1927, avvenute a Nord del Pico Mayor, e nuovamente nel 1972 fra Yepocapa e il Pico Mayor. Queste eruzioni freatomagmatiche produssero cenere vulcanica la cui

volcánica cuya caída fue observada hasta a 25 km de distancia del cono, acompañada de expulsión de bombas volcánicas, caídas en las inmediaciones de los cráteres altos. El volcán resulta potencialmente peligroso porque de sus pendientes se pueden desencadenar fenómenos de lahar, que podrían afectar vastas áreas de la planicie costera pacífica, donde viven más de 100,000 personas. Las últimas tres erupciones se han caracterizado por un índice de explosividad (V.E.I.) comprendido entre 1 y 3 (erupción de ligera a violenta).

caduta fu osservata fino a 25 km di distanza dal cono accompagnata da lanci di bombe vulcaniche, cadute nelle immediate vicinanze dei crateri sommitali. Il vulcano risulta potenzialmente pericoloso poichè dalle sue pendici si possono innescare fenomeni di lahar, che potrebbero interessare vaste aree della piana costiera pacifica, dove vivono oltre 100.000 persone. Le ultime tre eruzioni sono state caratterizzate da un indice di esplosività (V.E.I) compreso tra 1 e 3 (eruzione da leggera a violenta).



Fig. 4.8 – El Volcán de Fuego, a la izquierda, y el Volcán Acatenango, a la derecha.

ACATENANGO		
Altura	3976 m	Peligrosidad: formación de lahar, expulsión de bombas y flujos lávicos.
Erupción	1972 (última erupción)	Notas: Las últimas erupciones produjeron expulsión de bombas y cenizas volcánicas que alcanzaron distancias de 25 km.
Estructura	Estratovolcán andesítico	
Estatus	Quiescente	
Ubicación	Lat. 14.501 N Long 90.876 W	Otros:
Ciudad cercana	La Antigua Guatemala	

AGUA

El estratovolcán de Agua, conocido también con el nombre de Hunahpú, se eleva a una altura de 3,760 m no lejos de la ciudad de La Antigua Guatemala (Fig. 9), a aproximados 20 km de Escuintla y no distante de otras grandes ciudades guatemaltecas, donde globalmente viven más de 100,000 habitantes. El volcán posee un cono asimétrico, con un cráter de 250 m de diámetro, con seis pequeños cráteres sobre el lado Noroeste. Si bien es cierto que la actividad eruptiva no resulta documentada, su nombre, literalmente "volcán de Agua", es asociado con el catastrófico mudflow originado el 11 de septiembre de 1541 que destruyó la antigua sede de la capital de Guatemala (Santiago de Guatemala, en el valle de Almolonga) con la muerte de 600 personas, aproximadamente.

AGUA

Lo stratovulcano Agua, noto anche con il nome di Hunahpú, si eleva per un'altezza di 3760 m non lontano dalla città di Antigua(Fig. 9), a circa 20 km da Escuintla e non lontano da altre grandi città guatemalteche, dove complessivamente vivono oltre 100.000 abitanti. Il vulcano ha un cono asimmetrico con un cratere di 250 m di diametro, con sei piccoli crateri sul fianco Nord-Ovest. Seppure l'attività eruttiva in epoca storica non risulta documentata, il suo nome, letteralmente "vulcano di acqua", viene associato al catastrofico mudflow originatosi l'11 settembre 1541, che distrusse l'antica capitale del Guatemala (Antigua) con la morte di circa 600 persone.



Fig. 4.9 - Imagen del Volcán de Agua.

AGUA		
Altura	3760 m	Peligrosidad: Formación de lahar capaces de invadir las áreas pobladas circundantes.
Erupción	1541 (última erupción)	Notas: Último evento en 1541 con formación de lahar devastadores.
Estructura	Estratovulcán	
Estatus	Quiescente	
Ubicación	Lat. 14.465 N, Long. 90.743 W	Otros:
Ciudades cercanas	La Antigua Guatemala, Esquintla	

ALMOLONGA

El Volcán Almolonga se eleva a 3,197 m de altura SNM (Fig. 4.10). Es un complejo dómico andesítico-dacítico y se encuentra a 5 km al Oeste de Quetzaltenango, la segunda ciudad en importancia de Guatemala. El volcán tiene una cima caldérica y se caracteriza por la presencia de domos lávicos (riolíticos/dacíticos), de los cuales el más joven e históricamente activo es el Cerro Quemado. Además, sus lados están poblados por numerosas fuentes termales. Una de las erupciones más imponentes sucedió hace unos 1,200 años, con el colapso del domo Cerro Quemado, formando un debris avalanche, asociado a una explosión lateral que cubrió un área de aproximadamente 40 km^2 con la emisión de cerca de 0.13 km^3 de material. La última erupción se remonta a 1818, durante la cual la colada de lava se extendió por unos 2.5 km hacia el Este, con la producción de depósitos de ceniza de espesor de hasta casi un metro, con un índice de explosividad (V.E.I.) equivalente a 2.

ALMOLONGA

Il vulcano Almolonga si eleva per 3197 m di altezza slm (Fig. 4.10); è un complesso domico andesitico-dacitico e si trova a 5 km ad ovest di Quezaltenango, la seconda città del Guatemala. Il vulcano ha una sommità calderica ed è caratterizzato dalla presenza di duomi lavici (riolitici/dacitici), di cui il più giovane e storicamente attivo è il Cerro Quemado, inoltre i suoi fianchi sono costellati da numerose sorgenti termali. Una delle eruzioni più imponenti è avvenuta circa 1200 anni fa, con il collasso di parte del duomo Cerro Quemado, formando un debris avalanche, con associata un'esplosione laterale che coprì un'area di circa 40 km^2 con l'emissione di circa 0.13 km^3 di materiale. L'ultima eruzione risale al 1818 durante la quale la colata di lava si estese per circa 2.5 km verso Est con la produzione di depositi di tefra dello spessore fino ad un metro, con un indice di esplosività (V.E.I.) pari a 2.

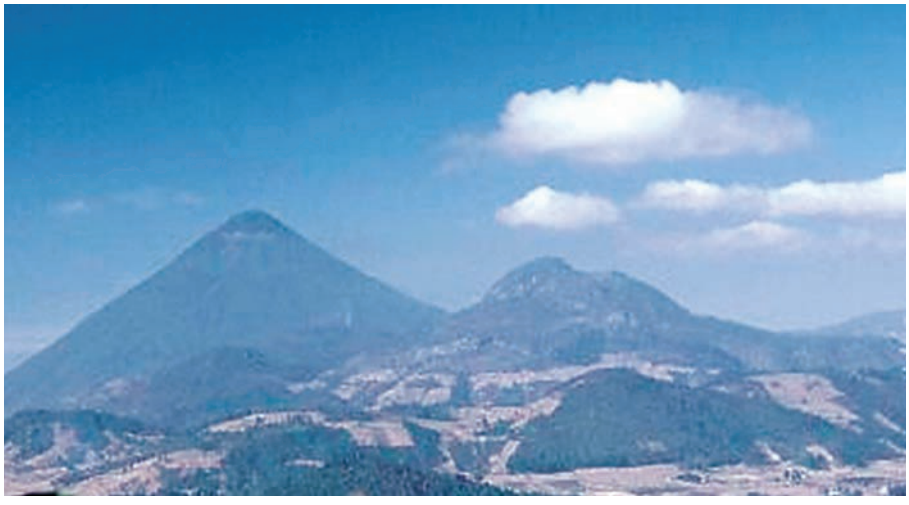


Fig. 4.10 – Volcán Almolonga.

ALMOLONGA		
Altura	3197 m	Peligrosidad: Formación de lahar potencialmente capaz de envestir la ciudad de Quetzaltenango.
Erupción	1818 (última erupción)	Notas: La última erupción, en 1818, produjo expulsión de bombas y flujos lávicos.
Estructura	Estratovolcán andesítico	
Estatus	Quiescente	
Ubicación	Lat. 14.82 N, Long. 91.41 W	Otros: A lo largo de las vertientes septentrionales y orientales del Cerro Quemado se encuentran fuentes termales y el campo geotérmico de Zunil.
Ciudades cercanas	Quetzaltenango	

ATITLÁN

El volcán Atitlán está ubicado a lo largo de la cadena volcánica paralela a la Fosa Centroamericana y domina el lago Atitlán (Fig. 4.11). Es parte de un sistema volcánico constituido por otros tres estratovolcanes: San Pedro, Tolimán y Atitlán. Este último es el más joven y el más activo de los tres. El volcán Atitlán se eleva por 3,535m SNM, y a diferencia del Tolimán, su historia eruptiva ha estado prevalecientemente caracterizada por la emisión de material piroclástico. La erupción responsable de la formación de la caldera, dentro de la cual se instaló el volcán, sucedió hace aproximadamente 85,000 años. De 1469 a 1853, época de la última erupción, se han documentado 14 periodos de actividad. Actualmente el volcán se encuentra en fase exhalativa, con prevalencia concentrada en las fumarolas que circundan el área del cráter. Adyacente al volcán Atitlán se encuentra su gemelo, el volcán Tolimán, cuya actividad no ha sido documentada en tiempos históricos.

ATITLAN

Il vulcano Atitlan è disposto lungo la cintura vulcanica parallela alla fossa centro-americana e domina il lago Atitlan (Fig. 4.11). Esso fa parte di un sistema vulcanico costituito da altri tre stratovulcani: San Pedro, Toliman e Atitlan. Quest'ultimo è il più giovane ed il più attivo dei tre. Il vulcano Atitlan si eleva per 3535 m slm, e a differenza del Toliman la sua storia eruttiva è stata prevalentemente caratterizzata dall'emissione di materiale piroclastico. L'eruzione responsabile della formazione della caldera, dentro la quale si è impostato il lago, è avvenuta circa 85.000 anni fa. Dal 1469 al 1853, epoca dell' ultima eruzione, sono stati documentati 14 periodi di attività. Attualmente il vulcano è in fase esalativa, prevalentemente concentrata nelle fumarole che circondano l'area craterica. Nelle adiacenze del vulcano Atitlán si trova il suo gemello, il vulcano Tolimán, del quale tuttavia non è documentata attività in età storica.



Fig. 4.11 – El volcán Atitlán dentro de la caldera homónima.

ATITLÁN		
Altura	3535 m	Peligrosidad: Erupciones de tipo moderadamente explosivo con emisión de cantidades significativas de material sólido ("tefra").
Erupción	1853 (última erupción)	Notas: El cráter tiene 250 metros de diámetro y 50 metros de profundidad. Erupciones documentadas: 1553, 1717-1721, 1826, 1827, 1828, 1837 y 1853.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Quiescente	
Ubicación	Lat. 14.583 N Long 91.186 W	Otros: Erupción de tipo Vulcaniana.
Ciudades cercanas	Tolimán, Sololá	

FUEGO

Es uno de los volcanes más activos de América Central. Es parte del complejo Fuego-Acatenango que comprende ocho volcanes con dirección Norte-Sur, perpendicular al arco volcánico guatemalteco. Se eleva por unos 3,763 m y tiene en sus cercanías a la antigua sede de la capital del país: La Antigua Guatemala (Fig. 4.12). Se caracteriza por erupciones de composición andesíticas y ha eruptado repetidamente desde 1524 con al menos 60 eventos de carácter prevalecientemente explosivo. La imponente erupción de 1974 produjo nubes de cenizas que se alzaron a más de 10 km de altura, formando numerosas nubes ardientes que llegaron a la Quebrada de San José, hasta a 75 km de distancia del cráter. Más recientemente, a partir de Enero de 2012 se sucedieron numerosas explosiones de tipo estromboliano que han expulsado material juvenil por unos centenares de metros. Relacionado al periodo documentable, el índice de explosividad (V.E.I.) de las erupciones fue estimado variable entre 2 y 4 (de explosiva a cataclísmica).

FUEGO

E' uno dei vulcani più attivi del Centro America, fa parte del complesso Fuego-Acatenango che comprende una catena di otto vulcani con direzione Nord–Sud, perpendicolare all'arco vulcanico guatemalteco. Si eleva per un'altezza di 3763 m sull'antica capitale del Guatemala: Antigua (Fig. 4.12). Caratterizzato da eruzioni a composizione andesitica, ha ripetutamente eruttato dal 1524 con almeno 60 eventi a carattere prevalentemente esplosivo.L'imponente eruzione del 1974 produsse nubi di cenere che si innalzarono per oltre 10 km di altezza formando numerose nubi ardenti che arrivarono alla Quedrada di San Jose, fino a 75 km di distanza dal cratere. Più recentemente, a partire dal Gennaio del 2012 si sono succedute numerose esplosioni di tipo stromboliano che hanno emesso materiale juvenile per qualche centinaio di metri. Relativamente al periodo documentabile l'indice di esplosività vulcanica (V.E.I) delle eruzioni è stato stimato variabile fra 2 e 4.



Fig. 4.12–En primer plano, el volcán de Fuego, en segundo plano, el volcán Acatenango

VOLCÁN DE FUEGO		
Altura	3763 m	Peligrosidad: Producción de cenizas y ocasionales flujos piroclásticos y de lava.
Erupción	2012 (última erupción)	Notas: La última gran erupción sucedió en 1974. La ceniza llegó hasta El Salvador y Honduras.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 14.473 N Long 90.880 W	Otros: Los Mayas llaman a este volcán "Chi Gag". Erupciones de tipo Vulcaniano.
Ciudades cercanas	Alotenango, Depto. Sacatepéquez, Chimaltenango.	

PACAYA

Con una altura de 2,569 m., el Pacaya (Fig. 4.13) es seguramente uno de los volcanes más famosos de Guatemala. Se encuentra localizado a solo 25 km de la capital, la Ciudad de Guatemala. El complejo volcánico está constituido por tres cimas: Cerro Chino (2260 m), Cerro Chiquito (2460 m) y Cerro Grande (2560 m). El Pacaya es un volcán complejo, de naturaleza basáltica. Está ubicado apenas afuera del borde meridional de la caldera Pleistocénica de Amatitlán. La base de la caldera está, además, ocupada por un conjunto de domos lávicos de naturaleza dacítica. En el curso de las décadas pasadas, la actividad del este volcán se ha caracterizado por frecuentes erupciones estrombolianas con la efusión intermitente de flujos lávicos que han rellenado parcialmente la caldera y los costados del con MacKenney. Muchos han sido los episodios eruptivos en época histórica, a partir de 1565. En el periodo comprendido ente 1961 y 2000, ha tenido lugar una actividad persistente de naturaleza estromboliana, con dos o tres eventos paroxísticos anuales.

En el año 2000, como consecuencia de una erupción, fue declarado el estado de calamidad en dos departamentos de Guatemala y se declaró la evacuación de más de 1,700 personas. Hubo 65 heridos y fueron numerosos los desplazados.

PACAYA

Con un'altezza di 2560 m, il vulcano Pacaya (Fig. 4.13) è sicuramente uno dei vulcani più famosi del Guatemala, situato a soli 25 km dalla capitale, Città di Guatemala. Il complesso vulcanico è costituito da tre cime: Cerro Chino (2260 m), Cerro Chiquito (2460 m) e Cerro Grande (2560 m). Il vulcano Pacaya è un vulcano complesso di natura basaltica ubicato appena fuori dal bordo meridionale della caldera Pleistocenica di Amatitlán. La base della caldera, inoltre occupata da un insieme di duomi lavici di natura dacitica. Nel corso dei decenni passati l'attività del vulcano Pacaya è stata caratterizzata da frequenti eruzioni stromboliane con l' effusione intermittente di flussi lavici che hanno parzialmente riempito la caldera e i fianchi del cono MacKenney. Molti gli episodi eruttivi in epoca storica a partire dal 1565. Nel periodo compreso tra 1961 ed il 2000 ha avuto luogo un'attività persistente di natura stromboliana con due o tre eventi parossistici annuali.

Nel 2010, a seguito dell'eruzione, fu dichiarato lo stato di calamità in due province del Guatemala, con l'evacuazione di oltre 1700 persone, 65 i feriti e numerosi dispersi.



Fig. 4.13– El Volcán de Pacaya en erupción.

PACAYA		
Altura	2560 m	Peligrosidad: Actividad explosiva principalmente estromboliana y vulcaniana, con gran producción de cenizas que resultan particularmente peligrosas para la Ciudad de Guatemala.
Erupción	2010 (última erupción)	Notas: El Pacaya es un volcán activo con continuas variaciones morfológicas. Se encuentra dentro de una gran caldera volcánica que incluye el lago de Amatitlán y la Laguna de Calderas.
Estructura	Estratovolcán basáltico	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 14.38 N Long 90.60 W	Otros: La última erupción, en 2010, y los huracanes han provocado graves daños en la Ciudad. Erupciones de tipo Estromboliano.
Ciudades cercanas	Ciudad de Guatemala y Escuintla	

SANTA MARÍA

El volcán Santa María, conocido también con el nombre de “Gagxanul” (el volcán desnudo), se encuentra a lo largo del margen Noroccidental del cinturón volcánico centroamericano. Es parte de un sistema volcánico que incluye el volcán Siete Orejas y el Chicabal. El volcán Santa María se eleva 3,772 m SNM (Fig. 4.14) y dista aproximadamente 100 km de la Ciudad de Guatemala. En 1902 fue protagonista de una de las más grandes erupciones Plinianas del siglo XX (V.E.I. = 6, colosal), eruptando más de 6 km^3 de material volcánico: lava, piedra pómez, cenizas y flujos piroclásticos. Desde 1922, en la base del cráter se ha instaurado un domo lávico de naturaleza dacítica denominado Santiaguito. En los últimos años, de 2008 a 2011, se ha caracterizado por numerosas erupciones con emisión preponderantemente de cenizas hasta una altura aproximada de 3,000 m.

SANTA MARIA

Il vulcano Santa Maria conosciuto anche con il nome di Gagxanul (il vulcano nudo) si trova lungo il margine nord-occidentale della cintura vulcanica centro americana. E’ parte di un sistema vulcanico che include il vulcano Siete Orejas e il vulcano Chicabal. Il vulcano Santa Maria si eleva per 3772 m slm (Fig. 4.14). e dista circa 100 km da Città del Guatemala. Nel 1902 è stato protagonista di una delle più grandi eruzioni Pliniane del XX secolo (V.E.I. = 6, colossale) eruttando oltre 6 km^3 di materiale vulcanico : lave, pomici, ceneri e flussi piroclastici. Dal 1922, alla base del cratere si è instaurato un duomo lavico di natura dacitica denominato Santiaguito. Negli ultimi anni, dal 2008 al 2011 è stato caratterizzato da numerose eruzioni con emissione prevalente di cenere fino ad altezze di circa 3000 m.



Fig. 4.14– El volcán Santa María y, en primer plano, el volcán Santiaguito, formado después de 1922.

SANTA MARÍA		
Altura	3772 m	Peligrosidad: Erupciones de alta explosividad (Plinianas) con producción de flujos piroclásticos y lahar en los costados del volcán, fallout de pómez y cenizas.
Erupción	2011 (última erupción)	Notas: la erupción pliniana de 1902 produjo notables cantidades de magma, con la destrucción parcial del cono de la cima. La columna eruptiva alcanzó los 30 km de altura y en la fase final los flujos lávicos alcanzaron los 9 km de longitud.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 14.758 N Long 91.548 W	Otros: Las erupciones del volcán fueron documentadas por los españoles ya en el siglo XVI.
Ciudades cercanas	Quetzaltenango	

TOLIMÁN

El Tolimán es un gran estratovolcán de naturaleza andesítica que se erige por 3,158 m, localizado en la orilla meridional del Lago de Atitlán, dentro de la amplia caldera Pleistocénica de Atitlán III (Fig. 4.15). Aún cuando no se han notado históricamente erupciones, se ha de mencionar varias avalanchas, que han involucrado material piroclástico fluidificado y que causaron cerca de 50 víctimas en los años 2002 y 2003. Una de las características más importantes del Tolimán es la presencia de lavas altamente viscosas puestas en el lugar bajo la forma de domos, característica que lo distingue del volcán vecino, Atitlán, cuya actividad es preponderantemente de naturaleza explosiva.

TOLIMÁN

Il Tolimán è un grande stratovulcano di natura andesitica che si eleva per 3158 m, sulla sponda meridionale del Lago Atitlán, all'interno dell'ampia caldera Pleistocenica di Atitlán III (Fig. 4.15). Pur non essendo note eruzioni in età storica, sono da segnalare varie valanghe che hanno coinvolto il materiale piroclastico fluidificato, che causarono circa 50 vittime negli anni 2002 e 2003. Una delle caratteristiche più importanti del Tolimán è la presenza di lave altamente viscose messe in posto sotto forma di duomi, caratteristica che lo distingue dal vicino vulcano Atitlán, la cui attività, è prevalentemente di natura esplosiva.



Fig. 4.15– El volcán Tolimán, con el volcán San Pedro al fondo.

TOLIMÁN		
Altura	3158 m	Peligrosidad: La presencia del lago constituye un elemento de riesgo por erupciones freáticas en el caso de una reactivación del volcanismo.
Erupción		Notas: No se cuenta con datos sobre las erupciones históricas del volcán Tolimán
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 14.612 N Long 91.189 W	Otros: Erupción de tipo Pliniano.
Ciudades cercanas	Quetzaltenango	

4.2.3 Principales amenazas vinculadas a actividad volcánica en El Salvador

El frente volcánico salvadoreño se caracteriza por la presencia de numerosas calderas, formadas a continuación de erupciones altamente explosivas con volumen considerable de tefra silícicas. Las calderas están localizadas sobre todo en el interior del territorio respecto del alineamiento volcánico principal.

En cuanto a la caracterización petrográfica y geoquímica de los magmas emitidos, no hay diferencias substanciales respecto de la delineada más arriba para el sector guatemalteco. En cambio, la historia eruptiva de los volcanes parece estar caracterizada por la presencia de edificios compuestos, con actividad explosiva seguida por flujos voluminosos de lavas. Dos de los más grandes centros volcánicos, Santa Ana y Tecapa, están constituidos por numerosos volcanes compuestos distribuidos en modo arqueado o circular.

El segmento volcánico de El Salvador está caracterizado, además, por los volcanes San Miguel y San Vicente, con volúmenes estimados de 130 km^3; por el volcán San Salvador, el Conchagua e Islas Quemadas, con volúmenes relativos por el orden de los 110, 40 y 1 km^3 de material eruptado (Fig. 4.2).

Si bien El Salvador se distinge por una menor actividad volcánica histórica en comparación con la que se observa en Guatemala, es posible que su territorio resulte mayormente vulnerable respecto del hazard volcánico porque las principales infraestructuras del país están localizadas o directamente sobre las pendientes de los volcanes o en sus cercanías inmediatas.

En la Fig. 4.16 se reportan los mayores centros urbanos y los más importantes volcanes Cuaternarios del país. También en este caso, solo para algunos de estos volcanes, existen estudios recientes que exhiben mapas de hazard vinculados a su activad (San Salvador, San Vicente, San Miguel, Santa Ana).

El volcán San Salvador es uno de los numerosos volcanes que caracterizan el arco volcánico salvadoreño. Domina San Salvador, la capital y también la más grande del país con casi 2 millones de habitantes y una densidad poblacional de casi de 2,100 habitantes por km^2. La ciudad de San Salvador y otras pequeñas comunidades han invadido gradualmente la parte baja de las laderas del volcán, resultando así con un elevado riesgo aún en ocasión de pequeños eventos eruptivos. El volcán está compuesto por restos de diferentes centros eruptivos,

4.2.3 Principali pericolosità connesse con attività vulcaniche in El Salvador

Il fronte vulcanico salvadoregno è caratterizzato dalla presenza di numerose caldere, formatesi in seguito ad eruzione altamente esplosive con volumi considerevoli di tefra silicici. Le caldere sono localizzate prevalentemente nell'entroterra rispetto all'allineamento vulcanico principale.

Riguardo la caratterizzazione petrografica e geochimica dei magmi emessi, non vi sono differenze sostanziali rispetto a quella sopra delineata per il settore guatemalteco. Invece la storia eruttiva dei singoli vulcani sembra esser caratterizzata dalla presenza di edifici compositi, con attività esplosiva seguita da voluminosi flussi lavici. Due dei più grossi centri vulcanici, Santa Ana e Tecapa, sono costituiti da numerosi vulcani composti distribuiti in modo arcuato o circolare.

Il segmento vulcanico di El Salvador è caratterizzato inoltre dai vulcani San Miguel e San Vicente con volumi stimati di 130 km^3; dal vulcano San Salvador, dal vulcano Conchagua e Islas Quemadas rispettivamenti con volumi dell'ordine di 110, 40 e 1 km^3 di materiale eruttato (Fig.4.2).

Sebbene El Salvador risulti caratterizzato da una minore attività vulcanica storica rispetto a quella osservata nel Guatemala, è possibile che esso risulti maggiormente vulnerabile rispetto all'hazard vulcanico, poiché le principali infrastrutture del paese sono localizzate o direttamente sulle pendici dei vulcani o nelle loro immediate vicinanze.

Nella Fig. 4.16 sono riportati, i maggiori centri urbani ed i più importanti vulcani Quaternari del paese. Anche in questo caso, solo per alcuni di questi, esistono studi recenti che riportano mappe di hazard connesse alla loro attività (San Salvador, San Vicente, San Miguel, Santa Ana).

Il vulcano San Salvador è uno dei numerosi vulcani che caratterizza l'arco vulcanico salvadoregno, domina San Salvador, la capitale nonchè la città più grande del paese con circa 2 milioni di abitanti e una densità di popolazione di circa 2.100 persone per km^2. La città di San Salvador ed altre piccole comunità hanno gradualmente invaso la parte bassa dei fianchi del vulcano, risultando così ad elevato rischio anche in occasione di piccoli eventi eruttivi. Il vulcano è composto da resti di diversi centri eruttivi, la cui parte centrale contiene un grande cratere circolare,



Fig. 4.16. Ubicación de los mayores centros urbanos de El Salvador y distribución territorial de los más importantes aparatos volcánicos, (por Major et al., 2001).

cuya parte central contiene un gran cráter circular conocido por El Boquerón, que surge a una altitud de casi 1,890 metros. El volcán ha eruptado varias veces en los últimos 70,000 años tanto desde los conductos centrales como desde fisuras laterales. Desde el 1,200 D.C., se han verificado erupciones en el Noreste, al lado del volcán, consistentes sobre todo en pequeñas explosiones y coladas lávicas. La población de San Salvador, por tanto, además de estar expuesta a posibles erupciones futuras lo está también a otros fenómenos como los eventos pluviales extremos y terremotos que pueden desatar procesos gravitacionales y devastadoras coladas detríticas a lo largo de las pendientes del volcán, como ya sucedió en 1982 y en 2001.

En esta óptica, para el complejo volcánico del San Salvador se han elaborado mapas de hazard relativos a las posibles zonas afectables por fenómenos de lahar (proximales y distales) y mapas de hazard volcánico en los cuales se evidencian las áreas potencialmente afectables por flujos lávicos, flujos piroclásticos y surges (Fig. 4.17), (Major et al., 2001).

Analógicamente, también para el volcán San Vicente, conocido también como Chichontepec, fueron elaborados por Major et al. (2001) mapas de hazard relativos a fenómenos de lahar (Fig. 4.18). Este volcán compuesto, situado a unos 50 kilómetros al Este de la capital San Salvador, surge a una altitud aproximada de 2,180 metros por encima de las comunidades de San Vicente, Tepetitán, Guadalupe, Zacatecoluca y Tecoluca, caracterizadas por una elevada densidad poblacional por lo que resultan estar expuestas a un elevado riesgo derivado no solamente por erupciones sino también por posibles procesos gravitacionales inducidos por otros factores.

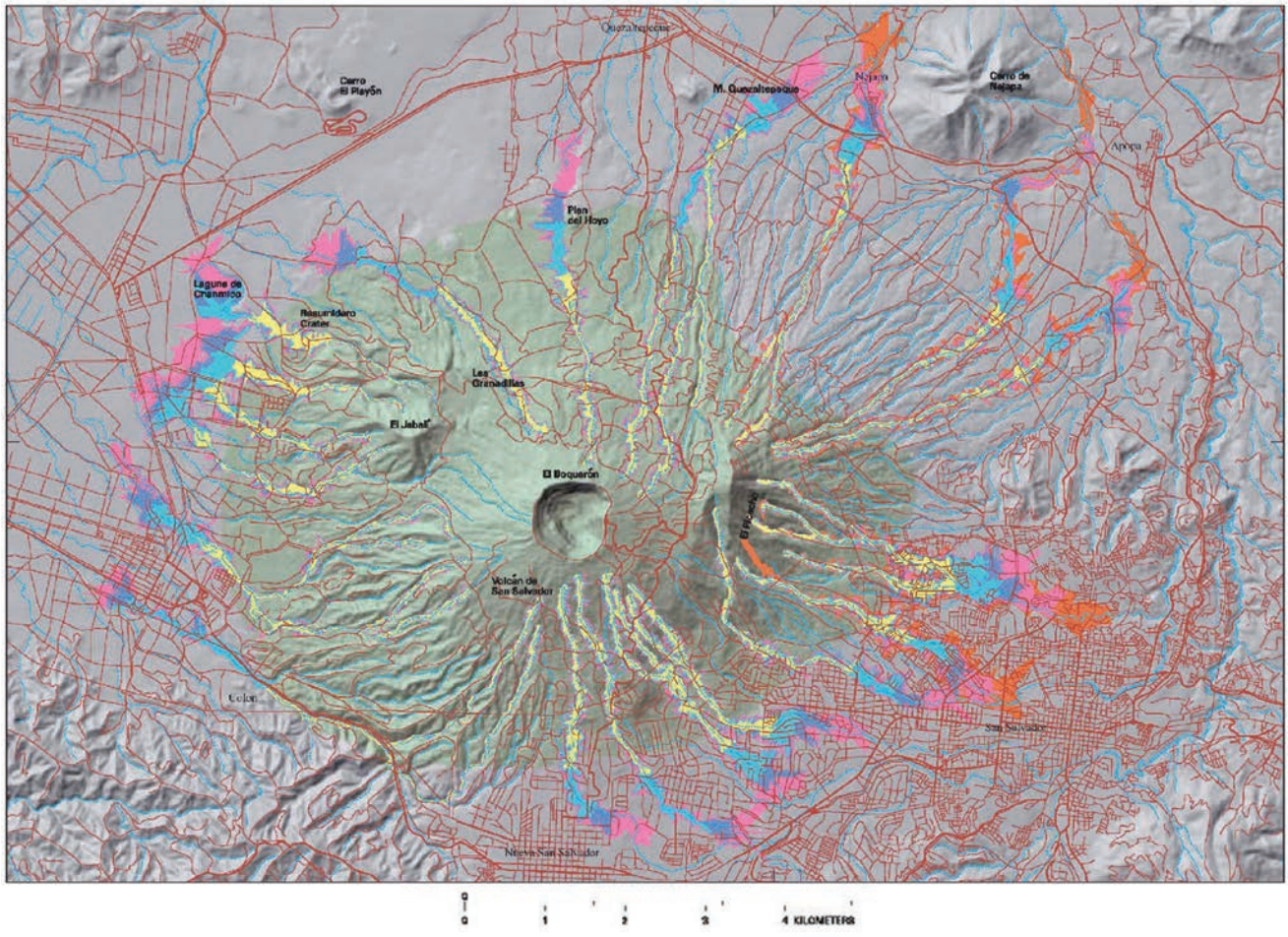
Mapas de hazard volcánico están disponibles también para los volcanes Santa Ana y San Miguel, en función de los escenarios hipotizados en caso de actividad eruptiva y, sobre todo, para los fenómenos de lahar (Fig. 4.19 y 4.20).

conosciuto come El Boquerón, che sorge ad un'altitudine di circa 1.890 metri. Il vulcano ha eruttato diverse volte nel corso degli ultimi 70.000 anni sia dai condotti centrali sia da fessure laterali. Dal 1200 d.c., eruzioni si sono verificate a N-E, sul fianco del vulcano, consistenti soprattutto in piccole esplosioni e colate laviche. La popolazione di San Salvador, quindi oltre ad essere esposta a possibili eruzioni future si trova ad essere esposta anche ad altri fenomeni quali gli eventi piovosi estremi, e terremoti che possono innescare frane e devastanti colate detritiche lungo le pendici del vulcano, come già avvenuto nel 1982 e nel 2001.

In questa ottica, per il complesso vulcanico del San Salvador sono state redatte mappe di hazard relative alle possibili zone interessate da fenomeni di lahar (prossimali e distali) e mappe di hazard vulcanico in cui sono evidenziate le aree potenzialmente interessate da flussi lavici, flussi piroclastici, e surges (Fig.4. 17), (Major et al., 2001).

Analogamente anche per il vulcano San Vicente, noto anche come Chichontepec sono state prodotte da Major et al. (2001), mappe di hazard relative ai fenomeni di lahar (Fig. 4.18). Questo vulcano composito, situato a circa 50 chilometri a est della capitale San Salvador, sorge ad un'altitudine di circa 2.180 metri sovrastando le comunità di San Vicente, Tepetitan, Guadalupe, Zacatecoluca e Tecoluca, caratterizzate da una elevata densità abitativa, risultando quindi essere esposte ad un rischio elevato, derivante non solo dalle eruzioni ma anche dai possibili fenomeni franosi indotti da altri fattori.

Mappe di hazards vulcanico sono disponibili anche per i vulcani Santa Ana e San Miguel, in funzione degli scenari ipotizzati in caso di attività eruttiva, e soprattutto per i fenomeni di lahar (Figg. 4.19, 4.20).



Intervalo de curvas cada 20 metros

Zonificación de Peligros por Lahares para el Volcán de San Salvador, El Salvador

EXPLICACIÓN

Zona de Riesgo Volcánico Proximal
Áreas que prodriian ser afectadas por flujos u oleadas piroclasticas, flujos de lava yu proyectiles balisticos en futuras erupciones del Volcán de San Salvador [6]. Durante cualquier erupción simple, algunos drenajes podrían ser afectados por algunos o todos de estos fenómenos, mientras que otros podrian quedar prácticamente sin afectación. Las avalanchas de escombros y lahares se originan dentro de esta zona, pero dependiendo de su tamaño podrían moverse hacia abajo por las quebradas más alla de los flancos del volcán y más allá del límite de esta zona.

Zona de Riesgo por Lahar
Causes que bajan del volcán que están sujetos a Lahares generados por avalanchas de escombros, lluvias torrenciales, temblores, etc Las zonas de riesgo por lahar están subdivididas en 5 zonas basadas en el rango que los volúmenes de lahar hopotético. [7].

Área que podria ser inundada por un LAHAR con un volumen de 100,000 metros cúbicos. Tiene la más alta probabilidad.

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 300,000 metros cúbicos.

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 500,000 metros cúbicos

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 1 millón metros cúbicos.

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 2 mimllones metros cúbicos. Tiena la más baja probabilidad.



Mapa de Ubicación

Nota: Aunque el mapa muestra límites fijos para las zonas de riesgo, el grado de riesgo no cambia repentinamente en estos límites. En vez de ello, el riesgo disminuye gradualmente a medida que aumenta la distancia al volcán (los eventos con volúmenes pequeños son más comunes que los de volúmenes grandes). Además, para los lahares, el riesgo disminuye rápidamente a medida que aumentan la elevación por encima del piso del valle. Las áreas inmediatamante fuera de las zonas de reisgo no deben considerarse com olibres de éstos, debido a que los límites de las zonas de peligro sólo pueden ubicarse de manera aproximada, especialmente en áreas de relieves bajos. La incertidumbre existente con respecto a la fuente, dimensiones y movilidad de los futuros eventos impide la ubicación precisa de los límites para las zonas de riesgo.

Fig. 4.17 - Complejo volcánico San Salvador: mapa de amenaza volcánica donde se evidencian las áreas potencialmente afectables por fenómenos de lahar (proximales y distales), flujos lávicos, flujos piroclásticos y surges, (Major et al., 2001).



Intervalo de curvas cada 20 metros

Volcano-Hazard Zonation for San Vicente Volcano, El Salvador



Location Map

EXPLICACIÓN

Zona de Riesgo Volcánico Proximal
Áreas que prodrían ser afectadas por flujos u oleadas piroclasticas, flujos de lava yu proyectiles balisticos en futuras erupciones del Volcán de San Salvador [6]. Durante cualquier erupción simple, algunos drenajes podrían ser afectados por algunos o todos de estos fenómenos, mientras que otros podrían quedar prácticamente sin afectación. Las avalanchas de escombros y lahares se originan dentro de esta zona, pero dependiendo de su tamaño podrían moverse hacia abajo por las quebradas más alla de los flancos del volcán y más allá del límite de esta zona.

Zona de Riesgo por Lahar Causes que bajan del volcán que están sujetos a Lahares generados por avalanchas de escombros, lluvias torrenciales, temblores, etc Las zonas de riesgo por lahar están subdivididas en 5 zonas basadas en el rango que los volúmenes de lahar hopotético. [7].

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 300,000 metros cúbicos.

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 500,000 metros cúbicos

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 1 millón metros cúbicos.

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 2 mimllones metros cúbicos. Tiena la más baja probabilidad.

Área que podría ser inundada por un LAHAR con un volumen de 2 mimllones metros cúbicos. Tiena la más baja probabilidad.

Nota: Aunque el mapa muestra límites fijos para las zonas de riesgo, el grado de riesgo no cambia repentinamente en estos límites. En vez de ello, el riesgo disminuye gradualmente a medida que aumenta la distancia al volcán (los eventos con volúmenes pequeños son más comunes que los de volúmenes grandes). Además, para los lahares, el riesgo disminuye rápidamente a medida que aumentan la elevación por encima del piso del valle. Las áreas inmediatamante fuera de las zonas de reisgo no deben considerarse com olibres de éstos, debido a que los límites de las zonas de peligro sólo pueden ubicarse de manera aproximada, especialmente en áreas de relieves bajos. La incertidumbre existente con respecto a la fuente, dimensiones y movilidad de los futuros eventos impide la ubicación precisa de los límites para las zonas de riesgo.

Fig. 4.18 - Complejo volcánico San Vicente: mapa de amenaza volcánica en el cual se evidencian las áreas potencialmente afectables por fenómenos de lahar, flujos piroclásticos, surges, flujos lávicos y por caída de proyectiles, (Major et al., 2001).

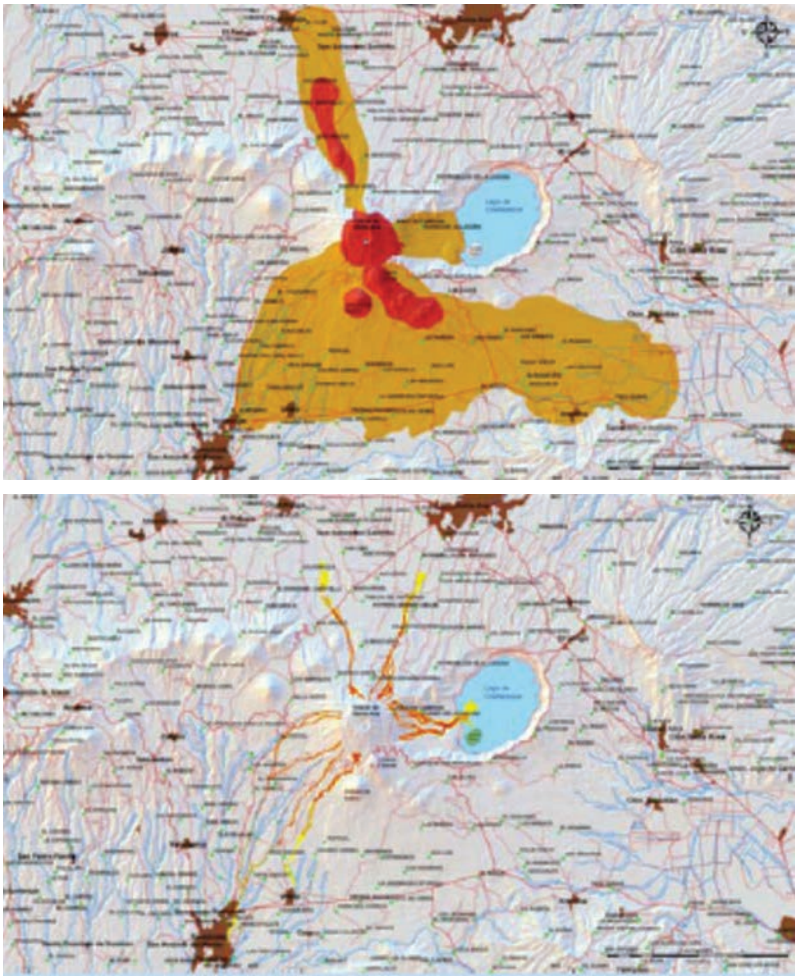


Fig. 4.19 - Complejo Volcánico de Santa Ana. Arriba, mapa preliminar de amenaza por caída de proyectiles y por flujos lávicos. Abajo, el mapa preliminar de amenaza inducido por fenómenos de lahar, (Vallance e Griswold, 2004).

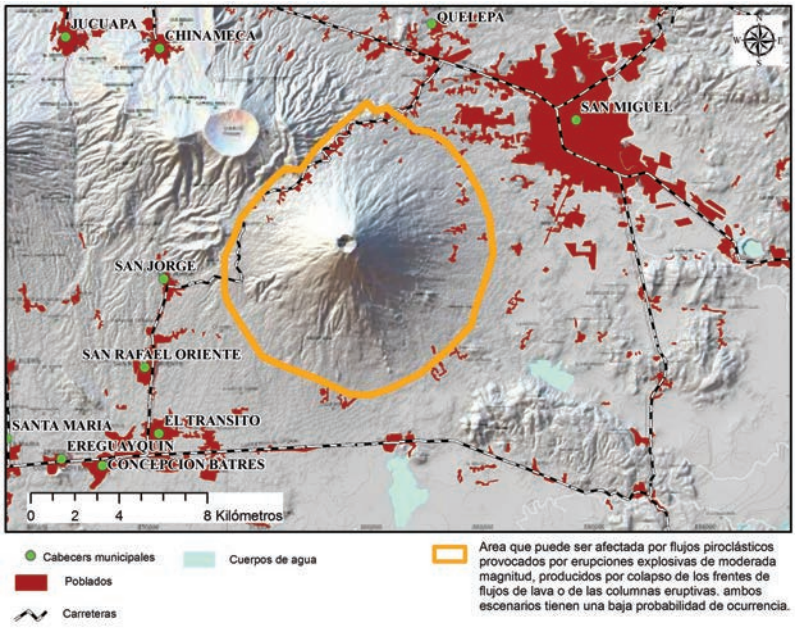


Fig. 4.20 - Volcán San Miguel: mapa de hazard para flujos piroclásticos, que prevé como escenario una erupción de moderada grandeza (SNET, 2004).

Algunos volcanes activos de El Salvador

De los 22 volcanes presentes en el territorio de El Salvador, al menos 7 son considerados, a pleno título, activos. De ellos se describen a continuación las principales características (modificado por Smithsonian Institution): Conchagüita, Ilopango, Izalco, Santa Ana, San Miguel, San Salvador, San Vicente (Fig. 4.21).

Alcuni vulcani attivi di El Salvador

Dei 22 vulcani presenti nel territorio del El Salvador, almeno 7 sono considerati a tutti gli effetti attivi, di questi si descrivono di seguito le principali caratteristiche (modificato da Smithsonian Institution): Conchaguita, Ilopango, Izalco, Santa Ana, San Miguel, San Salvador, San Vicente (Fig. 4.21).



Fig. 4.21 – Ubicación de los volcanes activos en El Salvador

CONCHAGÜITA

Se trata de una pequeña isla volcánica (500 m de altura, 4 km de diámetro), (Fig. 4.22), situada en la porción más meridional de El Salvador, en el Golfo de Fonseca. El volcán es considerado parte integrante del más grande y antiguo volcán Conchagua, que se encuentra en tierra firme, del cual dista a menos de 10 km.

La última erupción conocida del Conchagüita se remonta a 1892 y produjo blandas emisiones de cenizas.

CONCHAGUITA

Si tratta di un piccola isola vulcanica (500 m di altezza, 4 km di diametro), (Fig. 4.22), situata nella porzione più meridionale del Salvador, nel Golfo di Fonseca. Il vulcano viene considerato parte integrante del più grande ed antico vulcano Conchagua, che si trova sulla terraferma, dal quale dista meno di 10 km.

L' ultima eruzione conosciuta del Conchaguita risale al 1892, ed ha prodotto blande emissioni di ceneri.



Fig. 4.22.- El Volcán Conchagüita

CONCHAGÜITA		
Altura	505 m	Peligrosidad: Erupciones de cenizas
Erupción	1892 (última erupción)	Notas:
Estructura	Isla Volcánica	
Estatus	Quiescenza	
Ubicación	Lat. 13.23 N Long 87.77 W	Otros:
Ciudades cercnas		

ILOPANGO

El volcán Ilopango se eleva a 450 m de altura SNM y se encuentra en las cercanías al oriente de la ciudad de San Salvador. Está constituido por una gran caldera (8 x 10 km), enteramente inundada por un lago. La historia eruptiva del volcán está marcada por varias erupciones de edad pleistoceno-cuaternaria que han originado flujos piroclásticos y fallout de pómez, algunos de los cuales se suceden continuamente en gran parte de territorio salvadoreño. El evento eruptivo paroxístico de mayor importancia, responsable del colapso caldérico, es el sucedido en el 260, que produjo un depósito de cenizas de fallout (Tierra Blanca), de composición riolítica, ampliamente presente en todo el país.

La última erupción del Ilopango fue en 1880, limitada al alzamiento de un domo intra-caldérico (Fig. 4.23).

ILOPANGO

Il vulcano Ilopango si eleva per 450 m di altezza slm, si trova nelle adiacenze orientali della citta di San Salvador. Esso è costituito da una grande caldera (8 x 10 km), interamente occupata da un lago. La storia eruttiva del vulcano è segnata da varie eruzioni di età pleistocenico-quaternaria che hanno originato flussi piroclastici e fallout di pomici, alcuni dei quali si seguono con continuità in gran parte del territorio salvadoregno. L'evento eruttivo parossistico di maggiore importanza, responsabile del collasso calderico, è quello avvenuto nel 260, che ha prodotto un deposito di ceneri di fallout (Tierra Blanca), a composizione riolitica, largamente presente in tutto il paese.

L' ultima eruzione dell' Ilopango è stata quella del 1880, limitata alla crescita di un duomo intracalderico (Fig. 4.23).



Fig. 4.23 -Lago caldérico del Ilopango.

ILOPANGO		
Altura	450 m	**Peligrosidad:** Formación de flujos piroclásticos, depósitos de caída, erupción freatomagmáticas
Erupción	1880 (última erupción)	**Notas:** La última erupción acaecida en 1880 produjo un domo intra-caldérico dentro del lago.
Estructura		
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 13.672 N Long. 89.053 W	**Otros:**
Ciudades cercanas	San Salvador	

IZALCO

El volcán tiene una altura de 1,950 m SNM (Fig. 4.24). Es un estratovolcán situado a unos 45 km al Noroeste de San Salvador. Constituye una estructura excéntrica respecto del volcán Santa Ana, del cual dista 4 km. La cima del volcán está constituida por un cráter con un diámetro de 200 m y una profundidad de casi 40 m. La actividad eruptiva se manifestó entre 1770 y 1966.

Sus erupciones se distinguen por flujos lávicos y frecuentes erupciones estrombolianas, tales de atribuirles el nombre de "Faro del Pacífico". Los flujos lávicos han alcanzado distancias hasta de siete km, generalmente con una composición basalto-andesítica.

IZALCO

Il vulcano Izalco si eleva per 1950 m di altezza slm (Fig. 4.24). E' uno stratovulcano situato a circa 45 km a Nord-Ovest di San Salvador. Costituisce una struttura eccentrica rispetto al vulcano Santa Ana, dal quale dista 4 km; la sommità del vulcano è costituita da un cratere con un diametro di 200 m ed una profondità di circa 40 m. L'attività eruttiva si è manifestata tra il 1770 e il 1966.

Le sue eruzioni sono caratterizzate da flussi lavici e frequenti eruzioni stromboliane, tali da attribuirgli il nome di "Faro del Pacifico". I flussi lavici hanno raggiunto distanze fino a sette km, generalmente hanno una composizione basalto-andesitica.



Fig. 4.24 - Volcán Izalco

IZALCO		
Altura	1950 m	**Peligrosidad:** Formación de *lahar.*
Erupción	1966 (última erupción)	**Notas:**
Estructura	Estratovolcán andesítico	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 13.813 N Long. 89.633 W	**Otros:**
Ciudades cercanas	Santa Ana	

SAN MIGUEL

El estratovolcán San Miguel posee 2,130 m de altura SNM (Fig. 4.25) y es conocido localmente con el nombre de Chaparrastique. Se encuentra en la parte centro-oriental del país. Está situado a unos 15 km al Sureste de la ciudad de San Miguel. El cono volcánico, frecuentemente modificado por las erupciones históricas, se presenta constituido por un cono simétrico, con un amplio y profundo cráter, sobre el cual están presentes numerosas fisuras radiales que han alimentado una serie de flujos lávicos, acaecidos sobre todo durante los siglos XVII y XIX.

SAN MIGUEL

Lo stratovulcano San Miguel si eleva per 2130 m di altezza slm (Fig. 4.25) , conosciuto localmente con il nome Chaparrastique, si trova nella parte centro-orientale del paese. E' situato a circa 15 km a sud-Est della città di San Miguel. Il cono vulcanico, frequentemente modificato dalle eruzioni storiche si presenta costituito da un cono simmetrico con un ampio e profondo cratere, sul quale sono presenti numerose fessure radiali, che hanno alimentato una serie di flussi lavici storici, avvenuti prevalentemente durante i secoli XVII e XIX.



Fig. 4.25 – Vista aérea del volcán San Miguel, cráter del llamado también Chaparrastique.

SAN MIGUEL		
Altura	2,130 m	**Peligrosidad:** *Fallout* de cenizas.
Erupción	2002 (última erupción)	**Notas:** La última erupción sucedió en 2002 produjo cenizas.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 13.434 N Long. 88.269 W	**Otros**: Las coladas de lava generalmente non superan la base del volcán.
Ciudades cercanas	San Miguel	

SAN SALVADOR

El macizo del volcán San Salvador domina el paisaje de la capital del mismo nombre con sus 1,893 m de altura. El volcán San Salvador (Fig. 4.26), en realidad está constituido por un complejo de cual el cono Boquerón representa la parte más prominente y reciente de la antigua caldera (40,000 BP). La actividad más antigua del complejo pre-caldérico se remonta a unos 70,000 años. Desde el 1,500 se han verificado al menos tres erupciones, sobre todo de tipo Estromboliano, alimentadas por magma basáltico con la activación de coladas lávicas. En particular, actividades eruptivas secundarias se han manifestado a lo largo de tres zonas de fracturas, que se extienden en la base del volcán con la formación de maars. Actividad histórica está presente del siglo XVI al XVII, en los flancos del volcán, en particular en el lado Noroeste del cono El Playón, una de las erupciones produjo daños a las áreas pobladas circundantes. Dentro del Boquerón existía un lago intra-cratérico hasta la erupción de 1917.

SAN SALVADOR

Il massiccio del vulcano San Salvador domina il paesaggio della capitale omonima con i suoi 1893 m di altezza. Il vulcano San Salvador (Fig. 4.26), è in realtà costituito da un complesso, del quale il cono Boqueron rappresenta la parte più prominente e recente dell' antica caldera (40.000 anni BP). L' attività più antica del complesso pre-calderico risale a circa 70.000 anni. Dal 1500 si sono verificate almeno tre eruzioni, di tipo prevalentemente Stromboliano, alimentate da magma basaltico con la messa in posto anche di colate laviche. In particolare, attività eruttive secondarie si sono manifestate lungo tre zone di frattura, che si estendono alla base del vulcano con la formazione di maars. Attività eruttiva storica è presente dal XVI al XVII secolo, lungo i fianchi del vulcano, ed in particolare sul fianco Nord-Ovest del cono El Playon, una delle eruzioni produsse danni alle circostanti aree abitate. All'interno del Boqueron esisteva un lago intracraterico fino all'eruzione del 1917.



Fig. 4.26– Una imagen del complejo volcánico San Salvador visto desde la capital homónima.

SAN SALVADOR		
Altura	1,893 m	**Peligrosidad:** Actividad estrombo-liana y coladas lávicas pueden afectar San Salvador.
Erupción	1917 (última erupción)	**Notas:** La última erupción, acaecida en 1917, provocó graves daños a las poblaciones circunvecinas.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 13.734 N Long. 89.294 W	**Otros**: Las coladas de lava generalmente no superan la base del volcán.
Ciudades cercanas	San Salvador	

SANTA ANA

El volcán Santa Ana (Fig. 4.27) o Ilamatepec se eleva por 2,381 m de altura. Es un estratovolcán ubicado en el departamento de Santa Ana, inmediatamente al Oeste de la caldera Coatepeque. Es el volcán más alto y el más voluminoso (265 km^3) de El Salvador. El complejo volcánico está constituido por numerosos cráteres y una serie de conos y bocas secundarias alineadas a lo largo de sistemas de fracturas incluso con extensión de hasta 20 km. Entre estos, el cono de escorias San Macellino, en el lado SE, produjo una erupción efusiva con un flujo lávico en 1722. La última erupción se remonta a Octubre de 2005, para la cual las cenizas lanzadas alcanzaron una altura máxima de 14 km. En la cima está presente

SANTA ANA

Il vulcano Santa Ana (Fig. 4.27) o Ilamatepec si eleva per 2381 m di altezza, è uno stratovulcano ubicato nel dipartimento di Santa Ana, immediatamente ad ovest della caldera Coatepeque, ed è il vulcano più alto e più voluminoso (265 km^3) del Salvador. Il complesso vulcanico è costituito da numerosi crateri ed una serie di coni e bocche secondarie allineate lungo sistemi di frattura anche con estensioni fino a 20 km. Tra questi, il cono di scorie San Marcellino, sul fianco SE, produsse nel 1722 un'eruzione effusiva con un flusso lavico. L'ultima eruzione risale all'ottobre del 2005, In cui le ceneri emesse raggiunsero una altezza massima di 14 km. Nella sommità

un lago intra-cratérico cuyas aguas poseen pH < 2 y temperatura máxima de 57 °C. Es notable una fuente termal subacuática en la porción central del algo, caracterizada por emisiones periódicas de agua más allá del nivel superficial del lago.

è presente una lago intracraterico le cui acque hanno pH < 2 e temperatura massima di 57 °C. Nella porzione centrale del lago, è presente una sorgente termale subaquea, caratterizzata da emissioni periodiche di acqua oltre il livello superficiale del lago.



Fig. 4.27– Imagen cratérica del Volcán Santa Ana.

SANTA ANA		
Altura	2,381 m	**Peligrosidad:** Explosiones y emisiones de cenizas.
Erupción	2005 (última erupción)	**Notas:** La última erupción, acaecida en 2005, produjo cenizas por una altura de 14 Km.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 13.853 N Long. 89.630 W	**Otros**: Desde 1520 se cuentan al menos 17 erupciones.
Ciudades cercanas	Santa Ana	

SAN VICENTE

El volcán San Vicente, conocido localmente como Chichontepec (Fig. 4.28) con sus 2,182 m de altura y 130 km^3 de material eruptado, es el segundo volcán del país. En cerca de 2 millones de años de actividad, el volcán ha producido numerosas coladas lávicas de composición andesítica y erupciones explosivas (hasta de tipo subpliniano) con fallout de pómez, flujos piroclásticos y lahar de limitada extensión. La actividad más reviente resulta más antigua que las cenizas riolíticas "Tierra Blanca" producidas por la erupción de 260 D.C. del vecino volcán Ilopango.

SAN VICENTE

Il vulcano San Vicente, noto localmente come Chichontepec (Fig. 4.28) con i suoi 2182 m di altezza e 130 km^3 di materiale eruttato, è il secondo vulcano del paese. In circa 2 milioni di anni di attività il vulcano ha prodotto numerose colate laviche a composizione andesitica, ed eruzioni esplosive (fino a subpliniana) con fallout di pomici, flussi piroclastici e lahar di limitata estensione. L' attività più recente risulta più antica delle ceneri riolitiche "Tierra Blanca" prodotte dall' eruzione del 260 AD, del vicino vulcano Ilopango.

Actualmente, el volcán se encuentra en fase exhalativa, documentada por las numerosas fumarolas y fuentes termales que se encuentran sobre todo en los lados septentrional y occidental del volcán. En 2009, a continuación de los temporales producidos por el paso del huracán "Ida", se desencadenaron fenómenos de lahar en los depósitos piroclásticos que provocaron 40 víctimas y ulteriores daños al ambiente. También como consecuencia del terremoto de M 6,6 grados, en 2001, se verificaron 25 fenómenos de lahar a lo largo de los flancos del volcán provocando la muerte de 39 personas.

Attualmente il vulcano è in fase esalativa, documentata dalle numerose fumarole e sorgenti termali che si rinvengono prevalentemente sui fianchi settentrionali ed occidentali del vulcano. Nel 2009, successivamente ai nubifragi prodotti dal passaggio dell'uragano "Ida", si innescarono fenomeni di lahar nei depositi piroclastici, che provocato 40 vittime ed ulteriori danni all'ambiente. Anche a seguito del terremoto di M 6.6, del 2001 si verificarono 25 fenomeni di lahar lungo i fianchi del vulcano provocando la morte di 39 persone.



Fig. 4.28 – El Volcán San Vicente visto desde la carretera Panamericana. Debajo del volcán, en primer plano, la falla de EL Salvador.

<table>
<tr><th colspan="3">SAN VICENTE</th></tr>
<tr><td>Altura</td><td>2,182 m</td><td>Peligrosidad: Movilización de material piroclástico y formación de lahar no conectados con la reinicio de la actividad volcánica.</td></tr>
<tr><td>Erupción</td><td></td><td rowspan="3">Notas: Actualmente el vulcano se halla en fase exhalativa, caracterizada por la presencia de fumarolas y aguas termales.</td></tr>
<tr><td>Estructura</td><td>Estratovolcán</td></tr>
<tr><td>Estatus</td><td>Activo</td></tr>
<tr><td>Ubicación</td><td>Lat. 13.595 N
Long. 88.837 W</td><td rowspan="2">Otros: Cercanía con la ciudad de San Vicente que cuenta con 100.000 habitantes.</td></tr>
<tr><td>Ciudades cercanas</td><td>San Vicente</td></tr>
</table>

4.2.4 Principales amenazas vinculadas a actividad volcánica en Nicaragua

El frente volcánico nicaragüense está caracterizado por la profundización de la zona sísmica hacia el centro del frente volcánico y, por consiguiente, las profundidades de inmersión alcanzan los 200 km en la parte oriental. El frente volcánico se distingue por numerosas calderas que han eruptado tefra silícica. Pequeñas calderas silícicas están presentes en los centros Momotombo, Apoyeque y Masaya.

La historia volcánica de Nicaragua incluye fuertes explosiones de los cráteres centrales, acompañadas por imponentes flujos lávicos. En particular, el volcán Masaya se ha caracterizado en tiempos históricos por un lago de lava de tipo hawaiano. En el segmento oriental, la mayor parte de los centros volcánicos se componen de conos, escudo, domos y conos de escoria. Entre estos, los cuatro más notables son Masaya, Mombacho, Concepción y Madera, caracterizados por moderados volúmenes comprendidos entre los 5 y los 55 km^3 (Fig.4.2).

Los volcanes recientes presentes en el segmento occidental son generalmente caracterizados por modestos volúmenes comprendidos entre los 20 y los 65 km^3 como Apoyeque, Momotombo, Las Pilas, Telica, Cosigüina, con excepción del volcán San Cristóbal, con volúmenes por el orden de los 110 km^3 (Fig.4.2).

También Nicaragua está fuertemente expuesta a la actividad de los volcanes que atraviesan su territorio y, por tanto, al riesgo que de ello deriva. Como se ha dicho antes, es el único de los tres países considerados para el cual está disponible un mapa global de peligrosidad volcánica relativa al territorio nacional. El mapa de la Fig. 4.3 muestra las posibles tipologías de erupción, de la Pliniana a la freatomagmática y la Estromboliana, las áreas involucradas y las zonas con posible afectación por eventuales colapsos caldéricos, lahar, coladas lávicas y por actividades hidromagmáticas.

De todas formas, es importante subrayar que para una mejor reducción de los riesgos, además de un cuadro general es fundamental tener a disposición también un cuadro que dé cuenta de las diferentes realidades locales, en virtud de las peculiaridades de cada volcán o de los complejos volcánicos. Recientes estudios han hecho posibles mapas de hazard con extremo detalle, como

4.2.4 Principali pericolosità connesse con attività vulcaniche in Nicaragua

Il fronte vulcanico nicaraguense è caratterizzato dall'approfondimento della zona sismica verso il centro del fronte vulcanico e, di conseguenza, le profondità di immersione raggiungono i 200 km di profondità nella parte orientale. Il fronte vulcanico è caratterizzato da numerose caldere che hanno eruttato tefra silicici; piccole caldere siliciche sono presenti nei centri di Momotombo, Apoyeque e Masaya.

La storia vulcanica del Nicaragua include forti esplosioni dai crateri centrali, accompagnati da imponenti flussi lavici. In particolare il vulcano Masaya è stato caratterizzato in tempi storici da un lago di lava di tipo hawaiano. Nel segmento orientale la maggior parte dei centri vulcanici sono costituiti da coni, scudi, duomi e coni di scorie. Tra questi, i quattro più noti sono Masaya, Mambacho, Concepcion, Madera, caratterizzati da modesti volumi compresi tra 5 e 55 km^3 (Fig.4.2).

I vulcani recenti presenti nel segmento occidentale sono generalmente caratterizzati da modesti volumi, compresi tra 20 e 65 km^3, come Apoyeque, Momotombo, Las Pilas, Telica, Cosiguina, ad eccezione del vulcano San Cristobal, con volumi dell'ordine di 110 km^3(Fig.4.2).

Anche il Nicaragua è fortemente esposto all'attività dei vulcani che ne attraversano il territorio e quindi al rischio che ne deriva, e come detto in precedenza è l'unico dei tre paesi considerati per il quale è disponibile una carta complessiva di pericolosità vulcanica relativa al territorio nazionale. La mappa di Fig.4.3 riporta le possibili tipologie di eruzione, dall'eruzione Pliniana, alla freatomagmatica fino alla Stromboliana, le aree coinvolte, e le zone interessabili da eventuali collassi calderici, lahar, colate laviche e da attività idromagmatiche.

E' comunque importante sottolineare che per una migliore riduzione dei rischi, oltre ad un quadro generale è fondamentale avere a disposizione anche un quadro che dia conto delle differenti realtà locali, in virtù delle peculiarità dei singoli vulcani o complessi vulcanici. Recenti studi hanno reso disponibili mappe di hazards di estremo dettaglio, come ad esempio per i vulcani San Cristobal e Casita (nella Cordillera de los Maribos)

por ejemplo, para los volcanes San Cristóbal y Casita (en la cordillera de los Maribios), tristemente famosos por los debris flow y el debris avalanche activados en sus pendientes, como consecuencia del huracán Mitch en 1998 (Fig. 4.29).

tristemente famosi per il debris flow ed il debris avalanches innescatosi lungo le pendici, a seguito dell'uragano Mitch nel 1998 (Fig. 4.29).

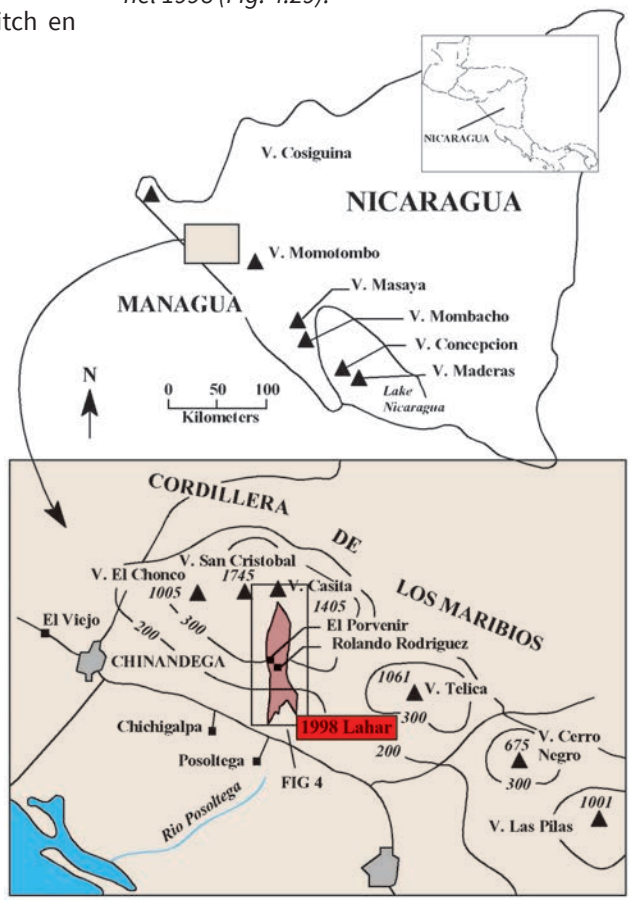


Fig. 4.29 - Ubicación de los mayores centros urbanos de Nicaragua y distribución territorial de los más importantes aparatos volcánicos Cuaternarios (triángulo oscuro), con el área golpeada por el debris flow de 1998 (Vallance et al., 2004).

Numerosos son los centros urbanos desarrollados sobre todo en la parte meridional del complejo volcánico San Cristóbal-Casita, con consiguiente elevación de la exposición al riesgo derivada de la misma conformación tipo estratovolcán. A solo 15 km del volcán San Cristóbal se encuentra, de hecho, Chinandega, centro político y comercial con más de 50,000 habitantes y más al Suroeste la ciudad de El Viejo, con 25,000 habitantes, mientras al Sur del volcán Casita se ubican dos ciudades, Chichigalpa y Posoltega, con población oscilante entre los 5,000 y lo 15,000 habitantes. En Octubre de 1998, las lluvias torrenciales del huracán Mitch afectaron Centroamérica provocando daños por todos lados. El evento más catastrófico sucedió en el área del volcán Casita. Después de cinco días de lluvias intensas se desencadenó desde las pendientes del volcán un enorme desprendimiento que dio lugar a la formación de varios debris flow por un estimado global de entre 2 y 4 millones de metros cúbico de material, destruyendo dos ciudades y provocando la muerte de más de 2,500 personas (Vallance et al., 2004). A continuación de tal evento catastrófico, actualmente están disponibles en la literatura, para ambos volcanes, mapas de hazard para los fenómenos de lahar (Vallance et al., 2004).

Numerosi sono i centri urbani sviluppati soprattutto nella parte meridionale del complesso vulcanico San Cristobal-Casita, con conseguente elevata esposizione al rischio derivante dalla stessa conformazione a stratovulcano. A soli 15 km dal vulcano S. Cristobal si trova, infatti Chinadenga, centro politico e commerciale con più di 50.000 abitanti, poco più a SW la città di El Viejo con 25.000 abitanti, mentre a Sud del vulcano Casita sono ubicate le due cittadine di Chichigalpa e Posoltega con popolazioni oscillanti tra i 5000 e 15.000 abitanti. Nell'Ottobre-Novembre 1998 le piogge torrenziali dell'uragano Mitch interessarono il Centro America, provocando danni ovunque; l'evento più catastrofico, avvenne nel distretto del vulcano Casita. Dopo cinque giorni di piogge intense s'innescò dalle pendici del vulcano un'enorme frana che diede luogo alla formazione di diversi debris flow per un complessivo stimato di 2-4 milioni di metri cubi di materiale, distruggendo due cittadine e provocando la morte di oltre 2500 persone (Vallance et al., 2004). A seguito di tale evento catastrofico, furono predisposte per entrambi i vulcani, mappe di hazard per i fenomeni di lahar (Vallance et al., 2004)

Análogamente, se dispone de mapas de hazard volcánico también para los volcanes Mombacho y Concepción, mapas elaborados en función de los escenarios hipotizados en caso de actividad eruptiva y, sobre todo, para los fenómenos de lahar (Fig. 4.30, 4.31).

Analogamente, mappe di hazard vulcanico sono disponibili anche per i vulcani Mombacho e Conception, mappe redatte in funzione degli scenari ipotizzati in caso di attività eruttiva, e soprattutto per i fenomeni di lahar (Figg. 4.30, 4.31).

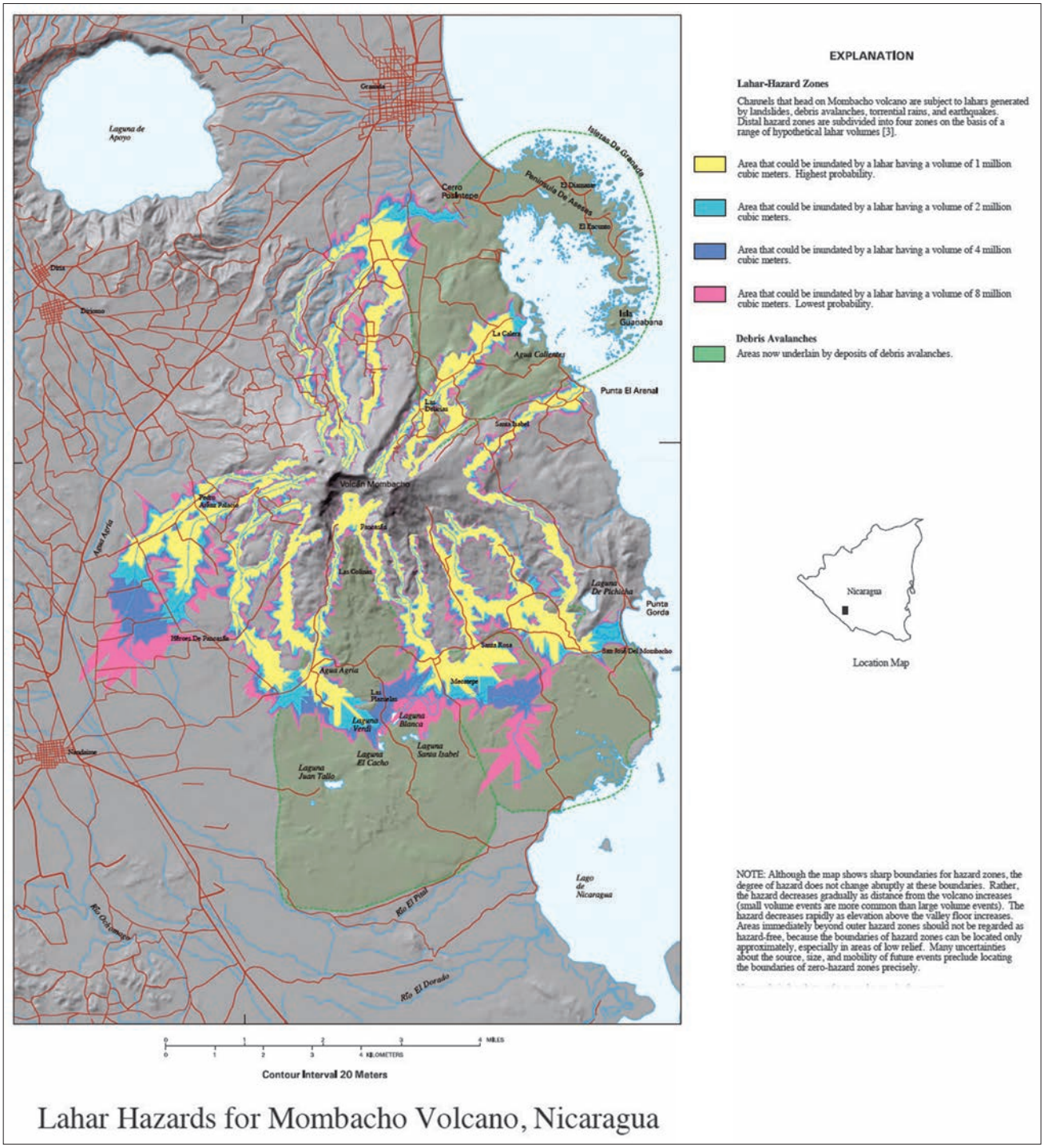


Fig. 4.30- Complejo volcánico de Mombacho: mapas de amenaza volcánica en el cual se evidencian las áreas potencialmente afectables por fenómenos de lahar, en función de los escenarios hipotizados (Vallance et al., 2001).

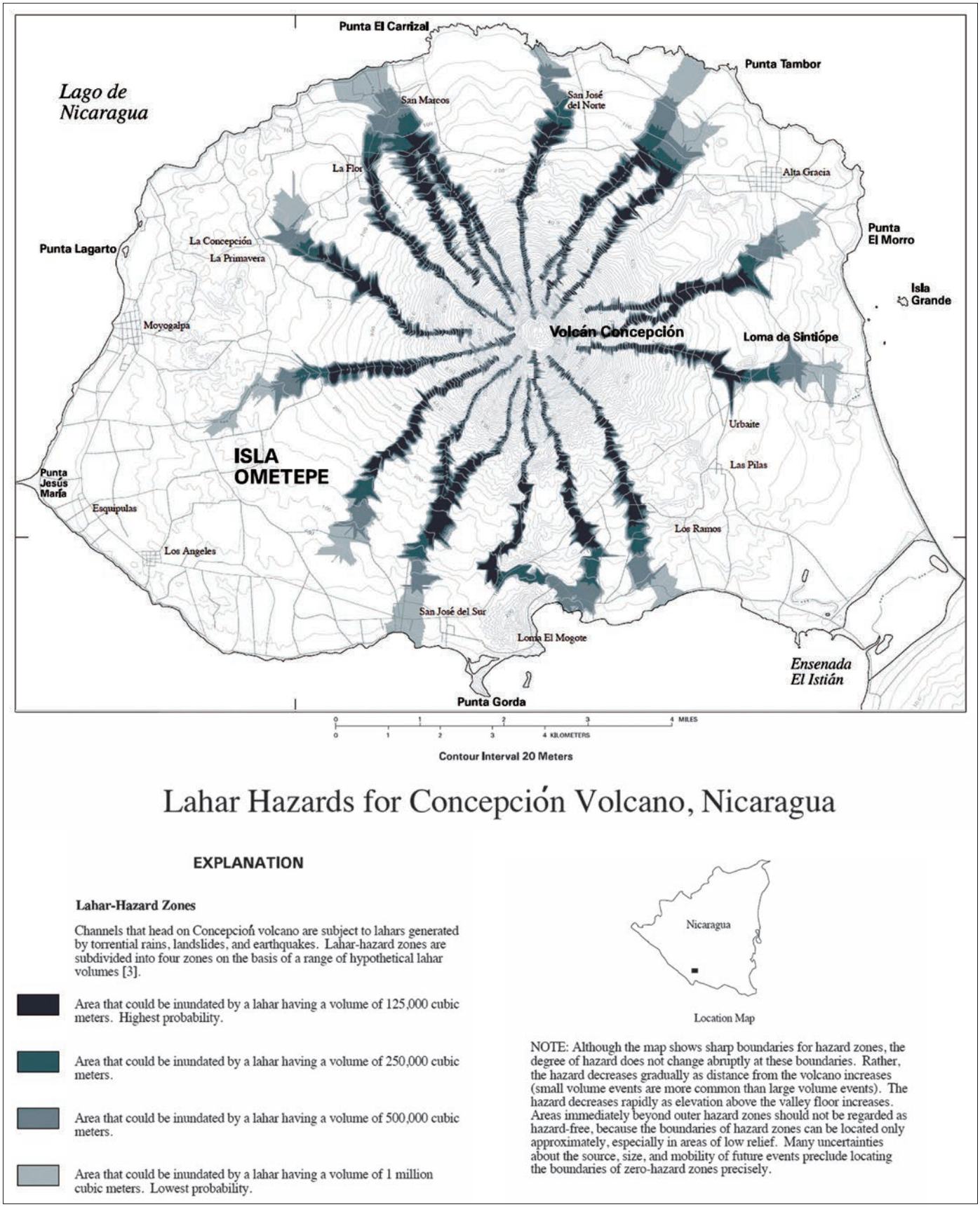


Fig. 4.31- Complejo volcánico Concepción: mapas de amenaza volcánica en el cual se evidencian las áreas potencialmente afectables por fenómenos de lahar, en función de los escenarios hipotizados (Vallance et al., 2001).

Algunos volcanes activos de Nicaragua

De los 19 centros volcánicos que caracterizan Nicaragua, cerca de la mitad son considerados a pleno título activos. De ocho de los mismos se describen a continuación las principales características (modificado por Smithsonian Institution): Cerro Negro, Concepción, Cosigüina, Las Pilas, Masaya, Momotombo, San Cristóbal y Telica (Fig. 4.32).

Alcuni vulcani attivi del Nicaragua

Dei 19 centri vulcanici principali che caratterizzano il Nicaragua, circa la metà sono considerati a tutti gli effetti attivi, di otto tra questi si descrivono di seguito le principali caratteristiche (modificato da Smithsonian Institution): Cerro Negro, Concepción, Cosiquina, Las Pilas, Masaya, Momotombo, San Cristobal e Telica (Fig. 4.32).



Figura 4.32– Ubicación de los principales volcanes de Nicaragua.

CERRO NEGRO

Está ubicado en la zona central de Marrabios Volcano Range. Caracterizado por dimensiones modestas, con una altura de 728 m (Fig. 4.33). Es considerado uno de los volcanes más jóvenes de Centroamérica, con la primera erupción acaecida en 1850. En el siglo XX, la actividad del volcán se ha distinguido por al menos 11 importantes erupciones, la última de las cuales se produjo en 1999 con la consiguiente apertura de 3 cráteres en la base del cono. Las erupciones consistieron en expulsión de escoria de composición basáltica y fallout de cenizas, con la construcción de conos de escoria. Erupciones similares se verificaron también en los años 1929, 1947, 1957, 1968 y 1971.

CERRO NEGRO

E' ubicato nella zona centrale de Marrabios Volcano Range. Caratterizzato da dimensioni modeste, con un'altezza di 728 m (Fig. 4.33), e' considerato uno dei vulcani più giovani del Centro America, con la prima eruzione avvenuta nel 1850. Nel XX secolo l'attività del vulcano è stata caratterizzata da almeno 11 importanti eruzioni, l'ultima delle quali ha prodotto nel 1999 l'apertura di 3 crateri alla base del cono. Le eruzioni sono consistite in lancio di scorie a composizione basaltica e fallout di ceneri, con la costruzione di coni di scorie. Eruzioni simili si sono verificate anche negli anni 1929, 1947, 1957, 1968 e 1971.



Fig. 4.33 – Una de las erupciones del Cerro Negro.

CERRO NEGRO		
Altura	728 m	**Peligrosidad:** La caída de cenizas ha causado a menudo daños en las áreas urbanizadas.
Erupción	1999 (última erución)	**Notas:** Son notables las erupciones de tipo Estrombolianas y sub-plinianas.
Estructura	Cinder Cono	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 12.506 N Long. 86.702 W	**Otros:** Es uno de los volcanes más jóvenes de Centroamérica, nacido en 1850.
Ciudades cercanas	Malpaisillo	

CONCEPCIÓN

Es uno de los volcanes más septentrionales de Nicaragua localizándose en la isla de Ometepe, dentro del Lago de Nicaragua. Forma un complejo único con el volcán Maderas, actualmente considerado extinto (Fig. 4.34). Es de grandes dimensiones, con una altura de 1,610 m SNM. Es uno de los volcanes más activos del país con unas 25 erupciones en los últimos 120 años, con un incremento de su altura de casi 100 m. El último evento de consideración sucedió en 2011.

CONCEPCION

E' uno dei vulcani più spettacolari del Nicaragua essendo localizzato nell' Isola di Omepete, all' interno del Lago Nicaragua. Forma un complesso unico con il vulcano Maderas, attualmente considerato estinto (Fig. 4.34). Caratterizzato da grandi dimensioni , con una altezza di 1.610 m slm, è considerato uno dei vulcani più attivi del Nicaragua avendo eruttato 25 volte negli ultimi 120 anni, con un incremento in altezza di circa 100m. L'ultimo evento di rilievo è avvenuto nel 2011.



Fig. 4.34 – El volcán Concepción en la Isla Ometepe.

CONCEPCIÓN		
Altura	1610 m	**Peligrosidad:** Frecuentes erupciones de tipo explosivo.
Erupción	2011 (última erupción)	**Notas:** Las erupciones están asociadas a la construcción de conos de escorias sobre la cima o laterales que, durante el siglo pasado, han incrementado la altura del cono.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat. 11.538 N Long. 85.622 W	**Otros**: La isla de Ometepe cuenta con 30,000 habitantes.
Ciudades cercanas	Ometepe	

COSIGÜINA

El Cosigüina es el volcán más septentrional de Nicaragua (Fig. 4.35). Se eleva 872 m SNM. Su última erupción se remonta a 1859, pero el volcán se ha destacado por la erupción paroxística de 1835, con la caída de cenizas que alcanzaron México, Costa Rica y Jamaica. Los pedruscos y las escorias alcanzaron una distancia de 35 km desde el volcán, con la emisión de aproximadamente 10 km^3 de material volcánico y la formación de flujos limitados piroclásticos y lahar. Actualmente, el cráter cónico está parcialmente ocupado por un lago.

COSIGUINA

Il Cosiguina è il vulcano più settentrionale del Nicaragua (Fig. 4.35), si eleva per 872 m slm. L'ultima eruzione risale al 1859, ma il vulcano è noto per l' eruzione parossistica del 1835 con la caduta di ceneri che hanno raggiunto il Messico, la Costa Rica e la Giamaica. I lapilli e le scorie raggiunsero una distanza di 35 km dal vulcano con l'emissione di circa 10 km^3 di materiale vulcanico e la formazione di limitati flussi piroclastici e lahar. Attualmente, il cratere sommitale è parzialmente occupato da un lago.



Fig. 4.35 – Una vista aérea del volcán Cosigüina.

COSIGÜINA		
Altura	872 m	**Peligrosidad:** Las erupciones están generalmente caracterizadas por flujos lávicos y lanzamiento de bombas y cenizas.
Erupción	1859 (última erupción)	**Notas:** Las cenizas expulsadas por el volcán afectaron áreas de México, Costa Rica y Jamaica, provocando localmente variaciones micro-climáticas.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat.: 12.98 N Long.: 85.57 W	**Otros**:
Ciudades cercanas		

LAS PILAS

El volcán Las Pilas (El Hoyo, Fig. 4.36), que se eleva por 1,088 m SNM. Se encuentra en la cordillera de los Maribios, a casi 5 km de distancia del volcán Cerro Negro y constituye un complejo volcánico alargado por unos 30 km, según una discontinuidad orientada Norte-Sur. Las últimas erupciones (en los años '50) fueron de naturaleza freática, originadas por los pequeños centros eruptivos puestos en las porciones laterales del cono principal.

LAS PILAS

Il vulcano Las Pilas (El Hoyo, Fig. 4.36), che si eleva per 1088 m slm, si trova nella cordilliera di Maribios, a circa 5 km di distanza dal vulcano Cerro Negro, e costituisce un complesso vulcanico allungato per circa 30 km, secondo una discontinuità orientata N-S. Le ultime eruzioni (negli anni '50) sono state di natura freatica, originate dai piccoli centri eruttivi posti nelle porzioni laterali del cono principale.



Fig. 4.36 - Vista aérea del Volcán Las Pilas.

LAS PILAS		
Altura	1088 m	**Peligrosidad:** El volcán se caracteriza por actividad explosiva.
Erupción	1954 (última erupción)	**Notas:**
Estructura		
Estatus	Quiescente	
Ubicación	Lat.: 12.49 N Long.: 86.69 W	**Otros:**
Ciudades cercanas	Managua	

MASAYA

El Masaya es un volcán basáltico situado a cerca de 20 km de la capital, Managua, y es seguramente el volcán más famoso de Nicaragua, ya sea por la facilísima accesibilidad a la cumbre, como por la presencia del famoso "ojo" donde se puede identificar una masa magmática de color rojo que expele gases volcánicos ricos en SO_2, CO_2, HCl, HF, etc. (Fig. 4.37). El volcán tipo escudo Masaya es parte del Parque Nacional del Volcán Masaya, constituido por una caldera de 5 km x 10 km de ancho, formada como consecuencia de diferentes erupciones plinianas. El Parque comprende otros 7 conos volcánicos y un lago cratérico.

Si bien la actividad reciente del volcán Masaya es caracterizada por el desgasamiento de la lava presente a nivel superficial. Además, un número no indiferente

MASAYA

Il Masaya è un vulcano basaltico situato a circa 20 km dalla capitale Managua ed è sicuramente il vulcano più famoso del Nicaragua sia per la facilissima accessibilità alla vetta, sia per la presenza costante del famoso "occhio" dove può essere individuata una massa magmatica di color rosso che emette gas vulcanici ricchi in SO_2, CO_2, HCl, HF, ecc. (Fig. 4.37). Il vulcano a scudo Masaya fa parte del Parco Nazionale del Vulcano Masaya, costituito da una caldera delle dimensioni di 5 km x 10 km di larghezza, formatasi a seguito di diverse eruzioni pliniane. Il Parco comprende altri 7 coni vulcanici ed un lago craterico.

Sebbene l'attività recente del vulcano Masaya sia caratterizzata dal degassamento della lava presente a livello superficiale, un numero non indifferente di

de explosiones se han dado en los últimos 50 años y en particular en abril de 2001, cuando una explosión en la cima formó una nueva boca en el fondo del cráter. En 2003, una nube de gas fue emitida por el volcán alcanzando una altura de entre 4 y 6 km. El volcán Masaya es conocido en la literatura vulcanológica por haber dado, hace aproximadamente 6,000 años, una de las rarísimas erupciones plinianas alimentadas por magma basáltico.

esplosioni sono avvenute negli ultimi 50 anni ed in particolare nell'Aprile del 2001 una esplosione sommitale ha formato una nuova bocca nel fondo del cratere. Nel 2003 una nuvola di gas fu emessa dal vulcano raggiungendo una altezza di circa 4-6 km. Il Masaya è noto nella letteratura vulcanologica per avere dato, circa 6000 anni fa, una delle rarissime eruzioni pliniane alimentate da magma basaltico.



Fig. 4.37 – El cráter del volcán Masaya en fase de desgasamiento.

MASAYA		
Altura	635 m	**Peligrosidad: El** volcán se caracteriza por actividad explosiva y está sujeto a la formación de nuevos cráteres.
Erupción	2012 (última erupción)	**Notas:** La última actividad eruptiva se remonta al mese de Mayo de 2012, con emisión de cenizas y lanzamiento de bombas.
Estrutura		
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat.: 11.984 N Long.: 86.161 W	**Otros**: Actualmente se da una gran y continua emisión de SO_2 que causa lluvias ácidas en la cercana Managua y en localidades agrícolas adyacentes al volcán.
Ciudades cercanas	Managua	

MOMOTOMBO

Está ubicado en la porción más meridional del Marribios Range (Fig. 4.38). Se distingue por un cono simétrico que se eleva unos 1,297 m SNM y domina el Lago de Managua o Xolotlán. Sobre su cono, con la típica forma de una herradura, están presentes varios campos fumarólicos con emisiones de gases con temperaturas superiores a los 700 °C. En términos generales, es un volcán muy joven (4,000 años), y se distingue por erupciones, prevalecientemente estrombolianas (la última de las cuales se remonta a 1905), y por diversos flujos lávicos. El joven cono excéntrico del Momotombito (370 m de altura) se encuentra al Suroeste, dentro del Lago de Managua.

MOMOTOMBO

E' ubicato nella porzione più meridionale del Marribios Range (Fig. 4.38). E' caratterizzato da un cono simmetrico che si eleva per 1297 m slm e domina il Lago di Managua. Sul cono, con la tipica forma a ferro di cavallo, sono presenti vari campi fumarolici con emissioni di gas con temperature superiori a 700 °C. Nel complesso è un vulcano molto giovane (4000 anni), caratterizzato da eruzioni prevalentemente stromboliane (l'ultima delle quali risalente al 1905), e da diversi flussi lavici. All'interno del Lago di Managua, a Sud-Ovest, si trova il cono eccentrico del Momombito (370 m slm) .



Fig. 4.38 – El volcán Momotombo.

MOMOTOMBO		
Altura	1297 m	**Peligrosidad:** Los elementos de peligrosidad están vinculados a la posibilidad de interacción del magma con el agua del Lago de Managua.
Erupción	1905 (última erupción)	**Notas:** El volcán tiene actividad de tipo estromboliano y efusiva.
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat.: 12.422 N Long.: 86.540 W	**Otros**: En las cercanías se encuentra el mayor campo geotérmico de Nicaragua.
Ciudades cercanas	Managua	

SAN CRISTÓBAL

El volcán San Cristóbal o El Viejo, (Fig. 4.39) se encuentra al extremo Noroeste de la cadena de Marrabios, a cerca de 20 km de distancia de la ciudad de Chinandega y a cerca de 110 km de la capital, Managua. Es el volcán más alto de Nicaragua, con sus 1,745 m SNM. En el complejo volcánico del San Cristóbal se reconocen 5 centros volcánicos principales: San Cristóbal (con un cráter de 500 m de diámetro), El Chonco, Volcán Casita, Moyotepe, La Pelona. La historia eruptiva está preponderantemente marcada por erupciones de moderada explosividad y se encuentra en constante actividad a partir de 2001. En 1998, a continuación del huracán Mitch, se desató un lahar que golpeó la población de Casita provocando la muerte de 1,560 personas.

SAN CRISTOBAL

Il vulcano San Cristobal o El Viejo, (Fig. 4.39) si trova all' estremità Nord Ovest della catena del Marrabios, a circa 20 km di distanza dalla città di Chinandega e a circa 110 km dalla capitale Managua. E' il vulcano più alto del Nicaragua con i suoi 1745 m slm. Nel complesso vulcanico del San Cristobal sono riconoscibili 5 centri vulcanici principali: San Cristobal (con un cratere del diametro di 500 m), El Chonco, Volcan Casita, Moyotepe, La Pelona. La storia eruttiva è stata prevalentemente caratterizzata da eruzioni di moderata esplosività, e risulta in costante attività a partire dal 2001. Nel 1998, a seguito dell'uragano Mitch s'innescò un lahar, che colpì l'abitato di Casita provocando la morte di 1560 persone.



Fig. 4.39 – Vista de la ladera del volcán San Cristóbal.

SAN CRISTÓBAL		
Altura	1745 m	**Peligrosidad:** De moderada a elevada por la formación de *lahar*.
Erupción	2011 (última erupción)	**Notas:** Erupciones de moderada intensidad explosiva, flujos lávicos.
Estrutura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat.: 12.702 N Long.: 87.004 W	**Otros**:
Ciudades cercanas	San Cristóbal, Chichigalpa, Chinandega	

TELICA

El volcán Telica (Fig. 4.40) es uno de los volcanes más activos de Nicaragua. Se encuentra en la parte central del Marribios Volcanic Range. Su altura apenas supera los 1,000 m SNM. Ha eruptado frecuentemente desde el inicio de la era hispánica. El grupo volcánico del Telica consiste en varios conos y cráteres, variablemente coalescentes o yuxtapuestos, que tienden a alinearse en dirección Noroeste-Sureste. La última erupción de relevancia se remonta al 1999, mientras episodios menores han sido constantes hasta 2012. Son muy conocidas, en ámbito médico-termal, las fumarolas y los manantiales con fango borboteante del área Sureste del volcán (Hervideros de San Jacinto).

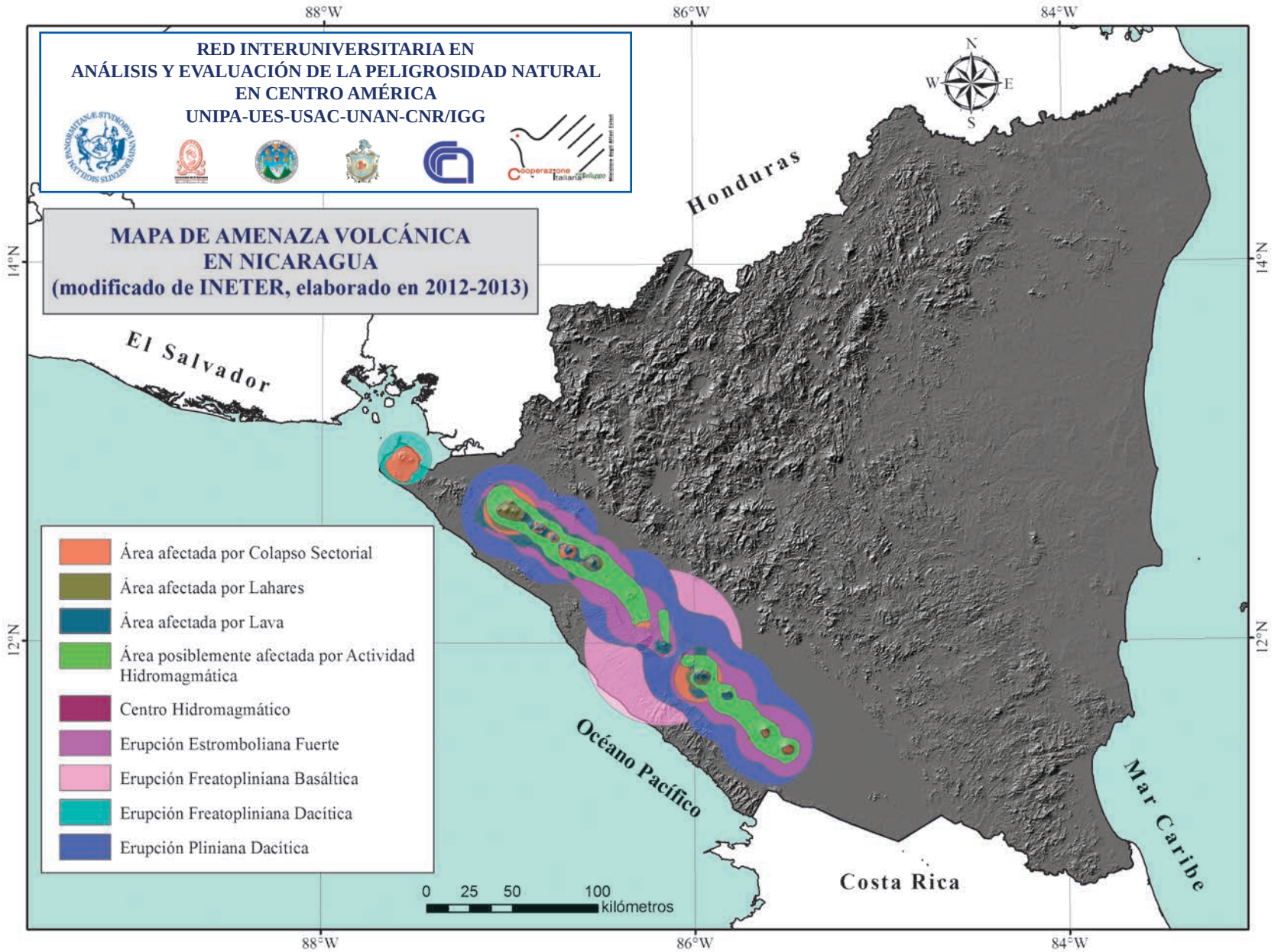
TELICA

Il vulcano Telica (Fig. 4.40) è uno dei vulcani più attivi del Nicaragua ed è situato nella parte centrale del Marribios Volcanic Range. Si innalza per poco più di 1000 m sul livello del mare. Ha eruttato frequentemente sin dall'inizio dell'era ispanica. Il gruppo vulcanico del Telica consiste di vari coni e crateri, variabilmente coalescenti o sovrapposti, che tendono ad allinearsi in direzione NO-SE. L'ultima eruzione di rilievo risale al 1999, mentre episodi minori sono continuati fino al 2012. Sono ben note, in ambito medico-termale, le fumarole e le polle di fango gorgogliante dell' area Sud Est del vulcano (Hervideros de San Jacinto).



Fig. 4.40 – Vista aérea del cráter del volcán Telica.

TELICA		
Altura	1061 m	**Peligrosidad:** Medio-baja, con posibles erupciones de cenizas.
Erupción	2011 (última erupción)	**Notas:**
Estructura	Estratovolcán	
Estatus	Activo	
Ubicación	Lat.: 12.602 N Long.: 86.845 W	**Otros**: Numerosas fumarolas presentes con áreas geotérmicas en exploración.
Ciudades cercanas	León	


RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG
MAPA DE AMENAZA VOLCÁNICA
EN NICARAGUA
(modificado de INETER, elaborado en 2012-2013)
Honduras
El Salvador
Costa Rica
Océano Pacífico
Mar Caribe
Área afectada por Colapso Sectorial
Área afectada por Lahares
Área afectada por Lava
Área posiblemente afectada por Actividad Hidromagmática
Centro Hidromagmático
Erupción Estromboliana Fuerte
Erupción Freatopliniana Basáltica
Erupción Freatopliniana Dacítica
Erupción Pliniana Dacítica
0 25 50 100
kilómetros
88°W
86°W
84°W
14°N
12°N
N
S
W
E

Mapa 4.I

Capítulo 5

AMENAZA HIDROGEOLÓGICA Y GEOMORFOLÓGICA

PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA E GEOMORFOLOGICA

5.1

Peligrosidad geohidrológica en Centro América

Pericolosità geoidrologica in Centro America

INTRODUCCIÓN

Con el término "riesgo geohidrológico" se hace referencia al riesgo asociado con los fenómenos de destrucción del territorio que se vinculan, en lo relativo a los mecanismos desencadenantes, con la interacción entre precipitaciones hidrometeóricas, sustrato pedológico y/o geológico y superficie topográfica.

Los fenómenos que constituyen una fuente de riesgo geo-hidrológico son, por un lado, los ligados a la hidráulica de las aguas superficiales encanaladas (channel flow) y a la posibilidad de que éstas produzcan eventos de crecidas e inundación, y por otro lado los vinculados a la dinámica geomorfológica de los declives, en términos de procesos erosivos asociados a las aguas de escorrentia superficial sobre las laderas (overland flow) y de fenómenos gravitacionales que pueden implicar al sustrato geológico a varias profundidades (landslides).

Desde este punto de vista, el riesgo geo-hidrológico toma, por tanto, en consideración una clase de fenómenos que entran en el llamado riesgo hidráulico (crecidas e inundaciones) y una clase de fenómenos que concurren en la definición del riesgo geomorfológico (erosión del suelo y fenómenos gravitacionales).

Los dos tipos de fenómenos naturales están relacionados entre ellos ya sea en los mecanismos de generación, que están controlados por las precipitaciones y por los procesos hidrológicos superficiales (escorrentía) e hipodérmicos (infiltración, saturación y drenaje de los suelos), como también directamente bajo el perfil de la interacción física entre los dos fenómenos. De ahí que el de flujo encanalado puede inducir la activación de procesos de ladera (piénsese en el mecanismo de descalzamiento al pie de las vertientes) y estos procesos gravitacionales pueden transformar el de flujo líquido en flujo hiperconcentrado o en flash flood, alimentando el fondo de valle con el sedimento producido, por ejemplo, por fenómenos de debrisflow.

INTRODUZIONE

Con il termine "rischio geoidrologico" si fa riferimento al rischio associato ai fenomeni di dissesto del territorio che vengono ricondotti, per quanto attiene ai meccanismi di innesco, all'interazione tra precipitazioni meteoriche, substrato pedologico e/o geologico e superficie topografica.

I fenomeni naturali che costituiscono fonte di rischio geo-idrologico sono sia quelli legati all'idraulica delle acque superficiali incanalate (channel flow) ed alla possibilità che queste producano eventi di piena ed esondazione, sia quelli connessi alla dinamica geomorfologica dei versanti, in termini di processi erosivi associati alle acque ruscellanti sui versanti (overland flow) e di fenomeni gravitativi che possono coinvolgere il substrato geologico a varie profondità (landslides).

Da questo punto di vista il rischio geo-idrologico prende dunque in considerazione una classe di fenomeni che rientrano nel cosiddetto rischio idraulico (piene ed esondazioni) ed una classe di fenomeni che concorrono alla definizione del rischio geomorfologico (erosione del suolo e frane).

Le due tipologie di fenomeni naturali sono tra loro collegate sia nei meccanismi genetici, che sono controllati dalle precipitazioni e dai processi idrologici superficiali (ruscellamento) ed ipodermici (infiltrazione, saturazione e drenaggio dei suoli), sia direttamente sotto il profilo dell'interazione fisica tra i due fenomeni; così che il deflusso incanalato può indurre l'attivazione di fenomeni franosi (si pensi al meccanismo di scalzamento al piede dei versanti) ed i fenomeni franosi possono trasformare, alimentando il fondo valle con il detrito prodotto ad esempio da fenomeni di debris flow, il deflusso liquido in flusso iper-concentrato o in flash flood.

El riesgo geohidrológico está dado por la composición de la peligrosidad geo-hidrológica y por la vulnerabilidad territorial. La peligrosidad, a su vez, es una función de la intensidad o magnitud de los fenómenos hipotizados como potencialmente activables en un área y de su posibilidad de ocurrencia. Esta última normalmente se expresa en términos de período de retorno (intervalo de tiempo que separa dos eventos sucesivos con un umbral de intensidad específico).

Frente a la evidente dificultad presentada por la realización de un sistema capaz de calcular la peligrosidad geo-hidrológica usando la magnitud y el período de retorno, fueron definidos algunos conceptos previsorios de más "simple" determinación, como por ejemplo el concepto de propensión o susceptibilidad. Se entiende por susceptibilidad a un cálculo de la mayor o menor propensión a la ruina de un área respecto de otra, evaluada sobre la inestabilidad de las características físico-ambientales que esta presenta. Se trata de un concepto previsorio más simplificado, en el cual no encuentran espacio consideraciones sobre los períodos de retorno. En lo que respecta a las magnitudes, los mapas de susceptibilidad son comúnmente diferenciados en función del tipo de fenómeno específico considerado.

Il rischio geo-idrologico è dato dalla composizione della pericolosità geo-idrologica e della vulnerabilità territoriale. La pericolosità, a sua volta, è funzione della intensità o magnitudo dei fenomeni ipotizzati come potenzialmente attivabili in un'area e della loro probabilità di accadimento, quest'ultima normalmente espressa in termini di tempo di ritorno (intervallo di tempo che separa due eventi successivi del superamento della soglia di intensità).

Di fronte alla evidente difficoltà presentata dalla realizzazione di un sistema in grado di valutare la pericolosità geo-idrologica utilizzando la magnitudo ed il tempo di ritorno, sono stati definiti alcuni concetti previsionali di più "semplice" determinazione, come ad esempio il concetto di propensione o suscettibilità. Si intende con suscettibilità una stima della maggiore o minore propensione al dissesto di un'area rispetto ad un'altra, valutata sulla base delle caratteristiche fisico-ambientali che questa presenta. Si tratta di un concetto previsionale più semplificato, nel quale non trovano spazio considerazioni sui tempi di ritorno; per quanto riguarda le magnitudo, le carte di suscettibilità vengono di solito differenziate in funzione del tipo di fenomeno specifico considerato.

5.2

El origen de los fenómenos geohidrológicos y peligrosidades inducidas

L'origine dei fenomeni geoidrologici e pericolosità indotte

Cuando llueve, dentro de una cuenca hidrográfica, las aguas pluviales, deducidas las pérdidas por evapo-transpiraciones, se subdividen en aguas que corren sobre la superficie y aguas que se infiltran en el suelo.

El rol de la infiltración sobre el balance hidrológico es tan importante que los efectos producidos por un mismo evento meteórico en términos de infiltración profunda y de flujo superficial cambian notablemente al cambiar las condiciones de saturación inicial de los suelos. Un evento de precipitación que caiga sobre un suelo completamente seco ve sustraído al escurrimiento una porción considerable de agua que se infiltra hacia los estratos mas profundos. Por el contrario, en condiciones en donde el suelo está saturado, todo el volumen de lluvia que cae se convierte en escurrimiento.

Este es un elemento clave en la comprensión de los fenómenos de daño geohidrológico. A continuación, de hecho, se verá cómo:

a) son las aguas de escorrentía las que producen el riesgo hidráulico;

b) son las aguas de circulación subterránea (hipodérmica y profunda) que, modificando las condiciones de equilibrio mecánico de los suelos, provocan los procesos de ladera.

Un rol análogo, en determinar las modalidades con las cuales las aguas de lluvia se subdividen en de flujo superficial y subterráneo, es ejercido por la intensidad de las precipitaciones. En general, al aumentar la intensidad de la lluvia y favorece el fenómeno de la escorrentía superficial. Al contrario, eventos meteóricos de baja intensidad, en condiciones de suelo seco, puede incluso no traducirse en alguna escorrentía.

Las condiciones de saturación inicial del suelo y la intensidad de los eventos meteóricos hipotizados son, por tanto, elementos esenciales para visualizar el rol según el cual actúan dos factores fundamentales en los fenómenos de riesgo geohidrológico: los posibles desplazamientos de volúmenes de suelo o roca a lo largo de las vertientes y el volumen de agua que se encanala a lo largo de la red hidrográfica.

Quando piove, all'interno di un bacino idrografico, le acque di pioggia, al netto delle perdite per evapo-traspirazione, si suddividono in acque che ruscellano in superficie ed acque che si infiltrano nel suolo.

Il ruolo dell'infiltrazione sul bilancio idrologico è così importante che gli effetti prodotti da uno stesso evento meteorico in termini di infiltrazione profonda e deflusso superficiale cambiano notevolmente al cambiare delle condizioni di saturazione iniziale dei suoli. Un evento di pioggia che intercetti un suolo completamente asciutto vede sottratta al ruscellamento un'aliquota considerevole di acqua che si infiltra verso gli strati più profondi. Al contrario, in condizioni di suolo saturo, tutto il volume di pioggia che affluisce si converte in ruscellamento.

È questo un elemento chiave nella comprensione dei fenomeni di dissesto geoidrologico; infatti, si vedrà di seguito come:

a) sono le acque di ruscellamento che producono il rischio idraulico;

b) sono le acque di circolazione sotterranea (ipodermica e profonda) che, modificando le condizioni di equilibrio meccanico dei suoli, provocano i fenomeni franosi.

Un ruolo analogo, nel determinare le modalità con le quali le acque di pioggia si suddividono in deflusso superficiale e sotterraneo è esercitato dall'intensità delle precipitazioni. In generale, al crescere dell'intensità di pioggia viene infatti "favorito" il fenomeno del ruscellamento superficiale. Al contrario, eventi meteorici di bassa intensità, in condizioni di suolo asciutto, possono anche non tradursi in alcun ruscellamento.

Le condizioni di saturazione iniziale del suolo e l'intensità degli eventi meteorici ipotizzati sono dunque elementi

5.2.1 La peligrosidad geomorfológica

Para evaluar el riesgo geomorfológico es necesario llevar a cabo un análisis de la peligrosidad geomorfológica y de la vulnerabilidad asociada, advirtiendo luego su composición en términos de riesgo.

La evaluación de la peligrosidad geomorfológica vinculada a la posible activación de procesos gravitacionales exige, para cada porción del territorio analizada, la evaluación de la magnitud o energía asociada al fenómeno hipotizado, así como de su período de retorno o bien de su posibilidad de ocurrencia.

Los movimientos en masa están, en efecto, constituidos por diferentes tipologías de movimiento (Fig. 5.1), cada una atribuible a un específico término descriptivo, en función de las características morfo-dinámicas del proceso. Existen al respecto en la literatura numerosos sistemas de clasificación de los movimientos en masa, entre los cuales los más utilizados y actualizados son los de Varnes (1978), Hutchinson (1988) y Cruden & Varnes (1996).

Aún caracterizándose por notables diferencias tipológicas y dinámicas, lo que une a todos los procesos gravitacionales es el rol fundamental desempeñado por la fuerza de gravedad. Dichos procesos no son otra cosa que modificaciones de la porción subsuperficial de la corteza terrestre producidas por la fuerza de gravedad, la cual tiende en el tiempo a eliminar el relieve, a

essenziali nell'ipotizzare il ruolo con il quale agiscono due fattori fondamentali nei fenomeni di rischio geoidrologico: le possibili mobilizzazioni di volumi di suolo o roccia lungo i versanti, il volume d'acqua che si incanala lungo la rete idrografica.

5.2.1 La pericolosità geomorfologica

Per la valutazione del rischio geomorfologico è necessario effettuare una analisi della pericolosità geomorfologica e della vulnerabilità associata, pervenendo poi alla loro composizione in termini di rischio.

La valutazione della pericolosità geomorfologica connessa con la possibile attivazione di fenomeni franosi, richiede, per ogni porzione di territorio analizzata, la valutazione della magnitudo o energia associata al fenomeno ipotizzato, così come del suo tempo di ritorno ovvero della sua probabilità di accadimento.

I fenomeni franosi sono in effetti costituiti da differenti tipologie di movimento (Fig. 5.1), ciascuna ascrivibile ad uno specifico termine descrittivo, in funzione delle caratteristiche morfodinamiche del processo. Esistono al riguardo in letteratura numerosi sistemi di classificazione dei fenomeni franosi, tra i quali i più utilizzati ed aggiornati sono quelli di Varnes (1978), Hutchinson (1988) e Cruden & Varnes (1996).

TYPE OF MOVEMENT		TYPE OF MATERIAL		
		BEDROCK	ENGINEERING SOILS	
			Predominantly coarse	Predominantly fine
FALLS		Rock fall	Debris fall	Earth fall
TOPPLES		Rock topple	Debris topple	Earth topple
SLIDES	ROTATIONAL	Rock slide	Debris slide	Earth slide
	TRANSLATIONAL			
LATERAL SPREADS		Rock spread	Debris spread	Earth spread
FLOWS		Rock flow (deep creep)	Debris flow (soil creep)	Earth flow
COMPLEX		Combination of two or more principal types of movement		

Fig. 5.1 – Una versión simplificada de la clasificación de Varnes (1978) - (fuente: USGS).

través de deformaciones que de hecho consisten en el desplazamiento de volúmenes de roca desde las alturas mayores hacia las menores. En este sentido, todas las tipologías de movimientos de masa están comprendidas dentro de los procesos que en geomorfología se definen como procesos gravitacionales.

La evaluación de la peligrosidad de procesos de ladera exigiría, por tanto, que para cada una de las porciones de territorio por caracterizar se hipotizara, para cada tipología posible de proceso gravitacional, un valor de magnitud y uno de probabilidad de desencadenamiento. Sobre la base del análisis geomorfológico para cada vertiente analizada, es en realidad posible reducir drásticamente el espectro de los fenómenos potencialmente activables.

Si por un lado el modelo físico-matemático resulta de ayuda al prever las modalidades con las cuales evoluciona un fenómeno y cuáles características de magnitud puede asumir, por el otro es necesario hipotizar fuertemente sobre una serie de condiciones en el entorno, como el grado de saturación inicial de los suelos o la eventual interferencia con fenómenos que afectan porciones de vertientes adyacentes, que a menudo resultan tales que hacen poco confiables los resultados previsorios.

Un modelo de peligrosidad basado sobre una simulación del proceso de ladera (método determinístico), es decir, sobre un tratamiento físico-matemático del proceso, provee indudablemente una imagen provisoria (cantidad de masa y velocidad) muy útil, pudiendo incluso incluir una caracterización en términos aleatorios de algunas variables (por lo tanto, proveyendo también estimaciones de probabilidad); no obstante, la posibilidad de reproducir correctamente el fenómeno está basado sobre una notable simplificación del sistema, la cual puede ser en muchos casos injustificada. Basta pensar en la circunstancia por la cual muchos modelos de simulación son capaces de reproducir un específico tipo de fenómeno de deformación, resultando inútil donde se verifique la transición de una tipología a otra y, de todos modos, debiendo hacer fuertes deducciones acerca de la tipología del fenómeno esperado.

Una aproximación simplificada (pero no a costa de esfuerzos computacionales y costos en investigaciones geognósticas preliminares) ha sido históricamente usada, simplemente concentrándose en el análisis geomorfológico de los eventos pasados (método analítico). Reconociendo sobre el territorio las formas del

Pur se caratterizzati da notevoli differenze tipologiche e dinamiche ciò che accumuna tutti i fenomeni franosi è il ruolo fondamentale esercitato dalla forza di gravità. Le frane infatti altro non sono che modificazioni della porzione sub-affiorante della crosta terrestre prodotte dalla forza di gravità, la quale tende nel tempo ad eliminare il rilievo, attraverso deformazioni che di fatto consistono nello spostamento di volumi di roccia dalle quote maggiori, verso quelle minori. In questo senso, tutte le tipologie di fenomeni franosi rientrano tra quei processi che in geomorfologia vengono definiti processi gravitativi.

La valutazione della pericolosità da frana richiederebbe dunque che, per ciascuna porzione di territorio da caratterizzare, si ipotizzasse, per ciascun tipologia possibile di fenomeno franoso, un valore di magnitudo ed uno di probabilità di innesco. Sulla base dell'analisi geomorfologica, per ciascun versante analizzato, è in realtà possibile ridurre drasticamente lo spettro dei fenomeni potenzialmente attivabili.

Se da un lato la modellazione fisico-matematica risulta di aiuto nel prevedere le modalità con le quali evolve un fenomeno e quali caratteristiche di magnitudo può assumere, dall'altro è necessario fare delle ipotesi forti su una serie di condizioni al contorno, quali il grado di saturazione iniziale o l'eventuale interferenza con fenomeni che interessano porzioni di versante adiacenti, che spesso risultano tali da rendere poco affidabili i risultati previsionali.

Un modello di pericolosità basato su una simulazione del fenomeno franoso (metodo deterministico), cioè su una trattazione fisico-matematica del processo, fornisce indubbiamente una immagine previsionale (quale massa e quanto velocemente) assai utile, potendo anche includere una caratterizzazione in termini stocastici di alcune variabili (dunque fornendo anche stime di probabilità); tuttavia, la possibilità di riprodurre correttamente il fenomeno è basata su una notevole semplificazione del sistema, la quale può rivelarsi in molti casi ingiustificata. Basti pensare alla circostanza per la quale molti modelli di simulazione sono in grado di riprodurre un singolo tipo di fenomeno di deformazione, risultando inutili laddove si verifichi la transizione da una tipologia all'altra e, comunque, dovendo fare una forte ipotesi circa la tipologia di fenomeno atteso.

paisaje producidas por la actividad pasada de procesos gravitacionales es posible evaluar la peligrosidad asociada a un reposicionamiento de los mismos fenómenos sobre las mismas áreas afectadas. Se trata de un acercamiento que se basa en la circunstancia de que gran cantidad de procesos de ladera tienen una actividad típicamente diacrónica (es decir, ocurren en fases sucesivas e intermitentes). A través de reactivaciones sucesivas del mismo fenómeno específico, en el tiempo el proceso se repite, hasta que los volúmenes de roca afectados no alcanzan una condición de equilibrio definitivo, en correspondencia con el fondo del valle, en donde sucesivamente podrán ser transformados por los procesos de erosivos y fluviales.

Este tipo de aproximación es ciertamente muy simplificado y no es capaz de estimar en ningún modo el período de retorno para el fenómeno considerado. Es necesario, además, considerar que la actividad morfo-dinámica causada por los procesos de ladera está vinculada a los procesos de erosión hídrica y a la actividad humana, al punto que es posible que los rasgos producidos sobre el territorio por un proceso gravitacional, muy evidentes en poco tiempo, sufran luego un proceso de eliminación, a causa de la acción de remodelación por obra de los demás agentes morfo-genéticos.

El enfoque únicamente basado en la reconstrucción de los efectos de procesos gravitacionales pasados presenta, por tanto, límites que exponen, ya desde el inicio, a los escenarios de riesgo reconstruido en problemas de falta de previsión, quedando claro entre otras cosas, la imposibilidad de asignar un período de retorno a cada fenómeno hipotizado y la necesidad de afrontar sólo en modo simplificado la caracterización en términos de magnitud y propagación espacial del fenómeno.

Sin embargo es, importante subrayar cómo, en materia de análisis territorial y en particular de evaluación del riesgo a escala regional, las consideraciones de reducción de tiempos y también un enfoque multiescala y de fases sucesivas, puedan sugerir como prioritaria la reconstrucción de escenarios de peligrosidad asociados a los eventos históricamente conocidos, postergando la evaluación completa de la susceptibilidad y de la peligrosidad de procesos gravitacionales.

Gracias al desarrollo de la tecnología SIG, ya desde los años ochenta tomó auge un enfoque de la evaluación de la peligrosidad/susceptibilidad de procesos de ladera basado, no tanto en el análisis de los eventos verificados

Un approccio semplificato (ma non a costo di sforzi computazionali e costi in indagini geognostiche preliminari) è stato storicamente utilizzato, semplicemente concentrandosi sull'analisi geomorfologica degli eventi pregressi (metodo analitico). Riconoscendo sul territorio le forme del paesaggio prodotte dall'attività pregressa di fenomeni franosi, è possibile valutare la pericolosità associata ad una ri-proposizione degli stessi fenomeni sulle stesse aree interessate. Si tratta di un approccio che si basa sulla circostanza che molti fenomeni franosi hanno una attività tipicamente diacronica (si realizzano cioè per fasi successive intermittenti). Attraverso ri-attivazioni successive dello stesso singolo fenomeno, nel tempo, il processo si realizza, fintantoché i volumi di roccia interessati non raggiungono una condizione di equilibrio definitivo, in corrispondenza del fondovalle, da dove, successivamente, potranno essere presi in carico dai processi di dilavamento e fluviali.

Questo tipo di approccio è certamente molto semplificato e non è in grado di stimare in alcun modo il tempo di ritorno per il fenomeno preso in considerazione. È necessario inoltre considerare che la attività morfodinamica per frana si sovrappone a quella legata ai processi di erosione idrica, così come alle attività dell'uomo, così che è possibile che i segni prodotti sul territorio da un fenomeno franoso, bene evidenti a breve distanza di tempo, subiscano poi un processo di obliterazione, a causa dell'azione di rimodellamento operata dagli altri agenti morfogenetici.

L'approccio unicamente basato sulla ricostruzione della franosità del passato presenta dunque dei limiti, che espongono già in partenza gli scenari di pericolosità e rischio ricostruiti a problemi di incompletezza previsionale, ferma restando tra l'altro, l'impossibilità di assegnare un tempo di ritorno a ciascuna riattivazione ipotizzata, così come la necessità di affrontare solo in modo semplificato la caratterizzazione in termini di magnitudo e propagazione spaziale del fenomeno.

È tuttavia importante sottolineare come in materia di analisi territoriale ed in particolare di valutazione del rischio a scala regionale, considerazioni di economia di tempo ed anche, un approccio multi-scalare ed a fasi successive, possano suggerire come prioritaria la ricostruzione dello scenario di pericolosità associato agli eventi storicamente conosciuti, rinviando a successivi affinamenti la valutazione completa della suscettibilità o della pericolosità da frana.

en el pasado, sino más bien en la definición de un conjunto de factores de control, cada uno representado por un estrato vectorial o raster que expresa la variabilidad espacial en el área investigada. Típicamente el área bajo investigación es subdividida en células o celdas de tamaño en función de la resolución de los datos de ingreso. Sobre la base de un juicio experto, a cada factor se le asigna un peso numérico y a cada modalidad o clase de cada factor un índice. La sumatoria, para cada celda, de los índices pesados provee un puntaje en una escala de mayor o menor propensión al daño.

Estos métodos son suficientes en un enfoque definido de tipo "heurístico" en cuanto a que, justamente, la determinación de los índices y de los pesos es totalmente (críticamente) dependiente del conocimiento del fenómeno, que reside en la habilidad del operador. El gran éxito que este tipo de método ha tenido en estos años está vinculado a la posibilidad de caracterizar regiones cuya extensión depende únicamente de la disponibilidad de las capas de información físico-ambiental necesarias para la implementación del método. Desde este punto de vista, el enfoque heurístico era plenamente útil en la realización de estudios a escala de cuencas hidrográficas. Por otra parte, no escapa al análisis cómo el método esta sometido a un fuerte vínculo de subjetividad de las decisiones del operador, de tal forma que operadores diferentes proveerán con toda probabilidad mapas de susceptibilidad/peligrosidad diferentes. Desde este punto de vista, este enfoque resulta escasamente generalizable y traducible en un protocolo operativo para la gestión del riesgo territorial por parte de la administración pública.

Casi inmediatamente después del desarrollo de métodos heurísticos, se han afirmado cada vez más métodos de evaluación de la susceptibilidad/peligrosidad basados sobre la utilización de técnicas estadísticas y geo-estadísticas (métodos aleatorios o casuales). Estos se presentan hoy en forma disponible y probada para la conversión en protocolos capaces de sostener, en términos de análisis de costos/beneficios, una aplicación a escala regional.

Los métodos estadísticos se basan en el uso de los archivos históricos de los eventos, con el fin de identificar reglas de correlación estadística entre la distribución de los procesos gravitacionales en el pasado y la distribución (la cual en general no cambia en el tiempo) de algunas características (llamados factores de control) del territorio de tipo geológico, geomorfológico, hidrogeológico, hidrológico, climático, pedológico, etc.

Grazie allo sviluppo della tecnologia GIS, già a partire dagli anni ottanta ha preso l'avvio un approccio alla valutazione della pericolosità/suscettibilità da frana basato non tanto sull'analisi degli eventi verificatisi nel passato, quanto piuttosto nella definizione di un set di fattori di controllo, ciascuno rappresentato da uno strato vettoriale o raster che ne esprime la variabilità spaziale nell'area indagata. Tipicamente l'area indagata viene suddivisa in celle aventi lato ampio in funzione della risoluzione dei dati in ingresso. Sulla base di un giudizio esperto, ad ogni fattore viene assegnato un peso numerico e ad ogni modalità o classe di ciascun fattore un indice. La sommatoria, per ciascuna cella, degli indici pesati, fornisce un punteggio in una scala di maggiore o minore propensione al dissesto.

Si tratta di metodi basti su un approccio definito di tipo "euristico" in quanto appunto la determinazione degli indici e dei pesi è totalmente (criticamente) dipendente dalla conoscenza del fenomeno, che risiede nell'abilità dell'operatore. Il grande successo che questo tipo di metodi ha avuto in questi anni è legato alla possibilità di caratterizzare regioni la cui estensione dipende unicamente dalla disponibilità dei layer fisico-ambientali necessari all'implementazione del metodo. Da questo punto di vista, l'approccio euristico si prestava pienamente nella realizzazione di studi alla scala di bacino. D'altra parte non sfugge come il metodo sottostia ad un forte vincolo di soggettività delle scelte dell'operatore, così che operatori differenti pervengono con tutta probabilità a mappe di suscettibilità/pericolosità di tipo differenti. Da questo punto di vista, quest'approccio risulta scarsamente generalizzabile e traducibile in un protocollo operativo per la gestione del rischio territoriale da parte delle amministrazioni pubbliche.

Quasi immediatamente dopo lo sviluppo dei metodi euristici, si sono sempre più affermati metodi di valutazione della suscettibilità/pericolosità, basati sull'utilizzo di tecniche statistiche e geo-statistiche (metodi stocastici). Questi oggi si presentano in forma pronta e rodata per la conversione in protocolli in grado di reggere in termini di analisi di costi/benefici ad una applicazione alla scala regionale.

I metodi statistici si basano sull'utilizzo degli archivi storici degli eventi, finalizzato alla individuazione di leggi di correlazione statistica tra la distribuzione delle frane nel passato e la distribuzione (la quale in generale non muta nel tempo) di alcune caratteristiche (dette fattori di

Sobre la base del principio de que las condiciones que han provocado los procesos gravitacionales del pasado son las mismas que provocarán los procesos de ladera del futuro, es posible llegar a obtener un cuadro previsorio de la propensión al daño, únicamente dependiente del conocimiento de los factores, más que de la efectiva y actual presencia/ausencia de procesos gravitacionales.

Los enfoques de tipo estadístico tiene el gran valor de sufrir poco por eventuales archivos incompletos de procesos gravitacionales, justo porque en realidad el mapeo de la propensión al daño depende del funcionamiento espacial de los factores de control, sobre la base de relaciones obtenidas haciendo uso de un archivo de eventos pasados.

5.2.2 La peligrosidad hidráulica

El análisis de la peligrosidad hidráulica requiere de la identificación sistemática de todos los tramos de un curso de agua para los cuales la sección de flujo necesaria para afluencia de un caudal potencial es mayor que la sección real. Una vez identificados dichos tramos, es poco necesario, con base en las características morfométricas del territorio, delimitar las áreas de rebosamiento como las correspondientes a los sectores de propagación del fenómeno (constituidas por las porciones de territorio hidráulicamente vinculadas y puestas a menor altura).

En analogía con el esquema descrito para la peligrosidad geomorfológica, el análisis de la peligrosidad hidráulica exige, por lo tanto, la determinación del umbral de caudal al colmo esperado, el cual controla la intensidad del fenómeno (que corresponde en realidad a la altura y a la velocidad de flujo del agua en las áreas eventualmente inundadas) y la probabilidad con la cual éste se presentará potencialmente, la cual puede ser definida en términos de períodos de retorno.

El problema de la evaluación de los caudales posibles para una sección de un curso de agua , en analogía con todo lo que se viene haciendo en el caso de terremotos, podría ser afrontado en términos de análisis estadístico de los caudales históricamente registrados en la sección. Este enfoque directo aún está limitado a las secciones dotadas de instrumentación hidrométrica y de archivos históricos de los valores de caudal medidos. Las secciones dotadas de instrumentos hidrométricos resultan ser típicamente muy limitadas en el territorio y casi exclusivamente colocadas en correspondencia con

controllo) del territorio di tipo geologico, geomorfologico, idrogeologico, idrologico, climatico, pedologico, etc.

Sulla base del principio che le condizioni che hanno provocato la franosità del passato sono le stesse che provocheranno la franosità futura, è possibile pervenire ad un quadro previsionale della propensione al dissesto, unicamente dipendente dalla conoscenza dei fattori, piuttosto che della effettiva attuale presenza/assenza di frane.

Gli approcci di tipo statistico hanno il grande pregio di soffrire poco della eventuale incompletezza degli archivi frane, proprio perché in realtà la mappatura della propensione al dissesto dipende dall'andamento spaziale dei fattori di controllo, sulla base di relazioni ottenute sfruttando un archivio di eventi passati.

5.2.2 La pericolosità idraulica

L'analisi della pericolosità idraulica richiede l'individuazione sistematica di tutti i tratti di un corso d'acqua per i quali la sezione di deflusso necessaria allo scolmamento di una portata potenziale è maggiore della sezione reale. Individuati questi tratti, è poi necessario, sulla base delle caratteristiche morfometriche del territorio, delimitare le aree di esondazione come quelle corrispondenti ai settori di propagazione del fenomeno (costituite dalle porzioni di territorio idraulicamente collegate e poste a quota minore).

In analogia con lo schema descritto per la pericolosità geomorfologica, l'analisi della pericolosità idraulica richiede dunque la determinazione del valore di portata al colmo atteso, il quale controlla l'intensità del fenomeno (che corrisponde in realtà all'altezza ed alla velocità di deflusso dell'acqua nelle aree eventualmente inondate), e la probabilità con la quale questo potenzialmente si presenta, la quale può essere definita in termini di tempo di ritorno.

Il problema della valutazione delle portate possibili per una sezione di un corso d'acqua, potrebbe, in analogia con quanto viene fatto nel caso dei terremoti, essere affrontato in termini di analisi statistica delle portate storicamente registrate alla sezione. Questo approccio diretto è tuttavia limitato a quelle sezioni dotate di strumentazione idrometrica e di archivi storici dei valori di portata

los cursos de agua principales, resultando a menudo casi del todo ausentes en torrentes menores, los cuales paradójicamente son los que producen fenómenos de tipo flash flood.

La evaluación de la peligrosidad hidráulica requiere del uso de un enfoque hidráulico y estadístico para el cálculo de los caudales posibles para una sección. Este enfoque está basado en el análisis estadístico de las precipitaciones (para las cuales, aún en un número limitado de puntos, se tienen a disposición registros de valores históricamente medidos), las cuales son convertidas en caudales de flujo superficial a través del uso de un modelo lluvia/caudal. Se trata, por tanto, de un método indirecto que reproduce el fenómeno del deflujo superficial a partir de las características de las precipitaciones y de las del sistema hidrográfico considerado. Este enfoque generalmente está indicado como método probabilístico indirecto.

Para el cálculo del caudal del flujo potencial en cada sección dada es necesario definir un modelo hidráulico de la fuente que alimenta la sección considerada. Una vez delimitada el área de alimentación, cuyas características morfométricas pueden ser descritas, por ejemplo, usando un modelo digital de terreno, es posible reconstruir la velocidad de propagación de las aguas de escorrentía a partir de cualquier punto de la cuenca y hasta la sección analizada. Cada celda de territorio está caracterizada por un valor de tiempo con el cual una gota de lluvia alcanza luego la sección de desembocadura.

El caudal calculado en correspondencia con una sección, la cual expresa el volumen de agua que fluye por unidad de tiempo, dependerá por lo tanto de las modalidades con las cuales se acumulan las contribuciones provenientes por transferencia a través de todos los segmentos colectores que constituyen la red hidrográfica evaluada. El flujo de estos últimos es, por otro lado, el resultado de la sumatoria de las contribuciones provenientes de todas las celdas alimentadoras del deflujo en la cima de las vertientes drenadas, por medio del fenómeno de escorrentía. La función de acumulación depende de las características morfométricas de la cuenca y de la geometría de la red hidrográfica, más que de la distribución espacial y temporal de los aflujos meteóricos en el área de alimentación.

La reconstrucción de la andadura temporal del caudal es, normalmente, representada usando gráficos caudal vs. tiempo que toman el nombre de hidrograma de flujo.

misurati. Le sezioni attrezzate con strumentazione idrometrica risultano tipicamente in numero assai limitato nel territorio e quasi esclusivamente collocate in corrispondenza dei corsi d'acqua principali, risultando spesso quasi del tutto assenti sui torrenti minori, i quali per paradosso, sono quelli che producono fenomeni di tipo flash flood.

La valutazione della pericolosità idraulica richiede l'utilizzo di un approccio idraulico e statistico per la stima delle portate possibili ad una sezione. Questo approccio è basato sull'analisi statistica delle precipitazioni (per le quali, sia pure in un numero limitato di punti, si hanno a disposizione registri di valori storicamente misurati), le quali vengono convertite in portate di deflusso superficiale attraverso l'utilizzo di un modello afflusso/deflusso; si tratta dunque di un metodo indiretto, che riproduce il fenomeno del deflusso superficiale, a partire dalle caratteristiche delle precipitazioni e da quelle del sistema idrografico considerato. Questo approccio viene in generale indicato come metodo probabilistico indiretto.

Per la stima della portata del deflusso potenziale in ogni data sezione, è necessario definire un modello idraulico del bacino che alimenta la sezione considerata. Una volta delimitata l'area di alimentazione, le cui caratteristiche morfometriche possano essere descritte, ad esempio, utilizzando un modello digitale di terreno, è infatti possibile ricostruire la velocità di propagazione delle acque di ruscellamento a partire da qualsiasi punto del bacino e fino alla sezione analizzata. Ogni cella di territorio è caratterizzata da un valore di ritardo, con il quale una goccia di pioggia affluita giunge poi alla sezione di sbocco.

La portata calcolata in corrispondenza di una sezione, la quale esprime il volume d'acqua che defluisce nell'unità di tempo, dipenderà dunque dalle modalità con le quali si cumulano i contributi provenienti per trasferimento attraverso tutti i segmenti collettori che costituiscono la rete idrografica sottesa; il deflusso di questi ultimi, è d'altra parte il risultato del cumulo dei contributi provenienti da tutte le celle alimentanti il deflusso a monte sui versanti drenati, attraverso il fenomeno del ruscellamento. La funzione di cumulo dipende dalle caratteristiche morfometriche del bacino e dalla geometria della rete idrografica, oltre che dalla distribuzione spaziale e temporale degli afflussi meteorici nell'area di alimentazione.

En general, en respuesta a un empuje pluviométrico que insista sobre una cuenca, en correspondencia con su sección de desembocadura se observa un progresivo aumento del caudal hasta una saturación al cual sucede luego un progresivo decremento y regreso a condiciones similares a las iniciales. Naturalmente, para una misma cuenca, eventos de mayor intensidad producen caudales de saturación mayores.

Prescindiendo, por tanto, del modelo de respuesta hidrológica, la evaluación del riesgo hidráulico exige definir la función de empuje pluviométrica correspondiente a las precipitaciones críticas. Es, por ello, necesario hipotizar el evento de lluvia respecto al cual se quiere visualizar o bien reproducir el efecto, en términos de andadura del caudal en el tiempo para todos los puntos de la sección. De hecho, en correspondencia con un hidrograma de flujo meteórico o lluvia, para todos los puntos de la cuenca es posible reconstruir los ideogramas de caudal para todos los puntos a lo largo del curso de agua.

La reconstrucción de la función de flujo meteórico para un evento meteórico dado, exige la estimación de la intensidad y la duración de la lluvia para todos los sectores que constituyen el área de alimentación. En realidad, la función de flujo es en general reconstruida con precisión limitada, desde el momento en que es recabada a partir de un número normado y exiguo de medidas, disponibles en correspondencia con los sitios en los cuales se encuentran las estaciones pluviométricas, aplicando luego técnicas de extrapolación e interpolación más o menos guiadas por elecciones expertas del operador. Estas últimas técnicas son susceptibles a errores, tanto mayores cuanto más extremos o fuera de lo ordinario sean los fenómenos meteóricos que provocan los aflujos que se quiere representar.

De todos modos, una vez reconstruida la función de flujo meteórico, por medio de la definición de un pluviograma de proyecto, considerando las condiciones de saturación de los suelos, es entonces posible, usando el modelo lluvia/caudal, calcular el hidrogramas de caudal para cualquier sección de la red hidrográfica.

Los valores de precipitación se reportan para cada estación pluviométrica en términos de altura de flujo (referido a un área unitaria) en la unidad de tiempo, y expresados en mm. Los valores de precipitación asociados a un evento meteórico pueden, entonces, ser reportados en forma absoluta.

La ricostruzione dell'andamento temporale della portata viene di norma rappresentata utilizzando dei grafici portata vs. tempo che prendono il nome di idrogrammi di portata. In generale, in risposta ad una sollecitazione pluviometrica che insista su un bacino, in corrispondenza della sua sezione di sbocco si osserva un progressivo aumento della portata fino ad un colmo al quale succede poi un progressivo decremento e ritorno a condizioni simili a quelle iniziali. Naturalmente, per uno stesso bacino, eventi di maggiore intensità, producono portate al colmo maggiori.

A prescindere dunque dal modello di risposta idrologica, la valutazione del rischio idraulico richiede dunque la definizione della funzione di sollecitazione pluviometrica corrispondente alle precipitazioni critiche. È cioè necessario ipotizzare l'evento di pioggia rispetto al quale si vuole visualizzare ovvero riprodurre l'effetto, in termini di andamento della portata nel tempo per tutti i punti della sezione. Di fatto, in corrispondenza di un idrogramma di afflusso meteorico o pioggia, per tutti i punti del bacino è possibile ricostruire gli idrogrammi di portata per tutti i punti lungo il corso d'acqua.

La ricostruzione della funzione di afflusso meteorico per un dato evento meteorico, richiede la stima della intensità e durata della pioggia, per tutti i settori che costituiscono l'area di alimentazione. In realtà la funzione di afflusso viene in generale ricostruita con precisione limitata, dal momento che viene ricavata a partire da un numero di norma esiguo di misure, disponibili in corrispondenza dei siti nei quali si trovano le stazioni pluviometriche, applicando poi tecniche di estrapolazione ed interpolazione più o meno guidate da scelte esperte dell'operatore. Queste ultime tecniche sono tuttavia affette da errori, tanto maggiori, quanto più estremi o fuori dall'ordinario sono i fenomeni meteorici che provocano gli afflussi che si vuole rappresentare.

Ad ogni modo, una volta ricostruita la funzione di afflusso meteorico, attraverso la definizione di uno pluviogramnma di progetto, considerando le condizioni di saturazione dei suoli, è poi possibile utilizzando il modello afflusso/deflusso, calcolare l'idrogramma di portata per qualsiasi sezione della rete idrografica.

I valori di precipitazione vengono riportati per ciascuna stazione pluviometrica in termini di altezza di afflusso (riferito ad un area unitaria) nell'unità di tempo, ed espresse in mm. I valori di precipitazione associati ad un evento meteorico possono poi essere riportati in forma assoluta.

Las técnicas utilizadas para la valoración de los tiempos de retorno de los eventos de saturación están, por tanto, basados sobre la selección de las estaciones pluviométricas de influencia en el área de alimentación de la sección considerada y en el análisis estadístico de los valores de lluvia observados.

En general, el análisis de las precipitaciones históricas en una estación pone en evidencia cómo, según el intervalo de tiempo considerado, varían los valores de precipitaciones críticas. Poniendo equivalente a la duración crítica, se observará que las precipitaciones críticas máximas observadas aumentan de intensidad al crecer el intervalo de tiempo considerado. Desde un punto de vista estadístico, esto significa que a mayores valores de intensidad de las precipitaciones críticas, menor será el número de casos históricamente observados.

Una vez recabadas las características de las precipitaciones, usando un modelo lluvia/caudal, teniendo en cuenta el rol ejercido por suelo en términos de infiltración y saturación, el cual es estimado con el método del CN (Curve Number) se recaba, por tanto, el correspondiente hidrograma de flujo, producido en correspondencia con cualquier sección considerada de cualquier tramo de la red hidrográfica.

Fijando los valores de la velocidad del flujo en el cauce, del valor de caudal se recaba directamente el área de la sección requerida para que el paso del volumen líquido se realice dentro del cauce mismo. Allí donde la sección real (cuyas características geométricas son medidas directamente sobre el terreno o bien recabadas por el análisis de un modelo digital de terreno) resulta insuficiente para contener la crecida, se deberá, por tanto, hipotizar un fenómeno de rebosamiento o derrame y delimitar como áreas inundables todas las adyacentes e hidrológicamente vinculadas al trecho del curso de agua considerado, puestas a una altura menor.

Le tecniche utilizzate per la valutazione dei tempi di ritorno degli aventi di piena sono dunque basate sulla selezione delle stazioni pluviometriche di influenza nell'area di alimentazione della sezione considerata e nell'analisi statistica dei valori di pioggia osservati.

In generale, l'analisi delle precipitazioni storiche ad una stazione mette in evidenza come, a seconda dell'intervallo di tempo considerato, varino i valori di precipitazioni critiche. Ponendo pari a T la durata critica, si osserverà che le precipitazioni critiche massime osservate aumentano di intensità al crescere dell'intervallo di tempo considerato. Da un punto di vista statistico questo significa che tanto maggiori sono i valori di intensità delle precipitazioni critiche, tanto minore sarà il numero di casi storicamente osservati.

Una volta ricavate le caratteristiche delle precipitazioni, utilizzando un modello afflussi/deflussi, tenendo conto del ruolo esercitato dal suolo in termini di infiltrazione e saturazione, il quale viene stimato con il metodo del CN (Curve Number), viene dunque ricavato il relativo idrogramma di portata, prodotto in corrispondenza di qualsiasi sezione considerata di qualsiasi tratto della rete idrografica.

Fissando il valore della velocità del deflusso in alveo, dal valore di portata si ricava direttamente l'area della sezione richiesta purché il passaggio del volume liquido si realizzi all'interno dell'alveo stesso. Laddove la sezione reale (le cui caratteristiche geometriche vengono misurate direttamente sul terreno ovvero ricavate dall'analisi di un modello digitale di terreno) risulta insufficiente a contenere la piena, si dovrà dunque ipotizzare un fenomeno di esondazione e delimitare come aree inondabili tutte le aree adiacenti ed idrologicamente collegate al tratto di corso d'acqua considerato, poste a quota minore.

5.3

El riesgo hidrogeológico en Centroamérica

Rischio idrogeologico in Centro-America

La ubicación de la región centroamericana en el cuadro geológico de la dinámica interna de la tierra, así como en el geográfico, vinculado al calentamiento solar de la superficie terrestre, a la distribución de las tierras y de los mares y a la circulación de los vientos, determina en esta área condiciones generales de peligrosidad geohidrológica muy elevada. Esta se traduce en fenómenos vinculados a crecidas y movimientos en masa (Fig. 5.2), a procesos gravitacionales (Fig. 5.3) y a fenómenos mixtos provocados por erosión y procesos de ladera. (Fig. 5.4)

De hecho, la actividad volcánica, asociada a los sistemas de subducción más o menos complejos que limitan el lado pacífico de la región (en particular la interacción de la convergencia de las placas de Cocos y del Caribe, ubicadas entre las dos placas americanas), es responsable de la presencia muy difundida en la superficie de rocas eruptivas de tipo efusivo (lava y piroclastos), las cuales, a causa del contexto climático están sujetas a una intensa alteración química. Es la misma actividad geodinámica y en particular el rápido alzamiento de la corteza terrestre, quien causa que el paisaje presente áreas en relieve caracterizadas por vertientes con elevada inclinación, esta última debida tanto a la proximidad a las líneas de costa, como a la intensidad de los procesos erosivos los cuales rápidamente socaban valles profundos. Esta condición se realiza a nivel de elementos fisiográficos organizados, como las cordilleras costeras e internas, y a nivel de elementos puntuales, come es el caso de los relieves volcánicos aislados.

El territorio de América Central se presenta, de hecho, como una larga e irregular dorsal volcánica con edificios que superan los 4,000 metros de altura, cerca de la costa pacífica y un territorio de sub-planicie a montañoso en las zonas más internas hasta el Mar Caribe. Áreas de planicies se localizan en correspondencia con la franja costera pacífica, mientras desplazándose hacia el este y nor este se encuentra una serie de relieves bruscos que se degradan, en dirección a la vertiente oriental, en algunas planicies rozadas por el Mar Caribe.

El territorio no presenta redes fluviales de relieve: los mayores cursos de agua desembocan en el Mar Caribe,

La collocazione della regione centroamericana nel quadro geologico della dinamica interna della terra, così come in quello geografico, legato al riscaldamento solare della superficie terrestre, alla distribuzione delle terre e dei mari ed alla circolazione dei venti, determina in quest'area generali condizioni di pericolosità geo-idrologica molto elevata; questa si traduce in fenomeni legati a piene e trasporto in massa (Fig. 5.2), a frane (Fig. 5.3) ed a fenomeni misti provocati da erosione e frane (Fig. 5.4).

Infatti, l'attività vulcanica, associata ai sistemi di subduzione più o meno complessi che limitano il lato pacifico della regione (in particolare l'interazione della convergenza delle placche Cocos e Caraibica, comprese tra le due placche americane) è responsabile della presenza assai diffusa in superficie di rocce eruttive di tipo effusivo (lave e piroclastiti), le quali, in ragione del contesto climatico, sono soggette ad intensa alterazione chimica, sviluppando in copertura spessi coltri di suolo. È la stessa attività geodinamica, ed in particolare il rapido sollevamento della crosta terrestre, a far sì che il paesaggio presenti aree in rilievo caratterizzate da versanti ad elevata inclinazione, quest'ultima dovuta sia alla prossimità alla linea di costa, sia all'intensità dei processi erosivi i quali rapidamente scavano profonde valli. Questa condizione si realizza sia a livello di elementi fisiografici organizzati, come le cordigliere costiere ed interne, sia a livello di elementi puntuali, come nel caso dei rilievi vulcanici isolati.

Il territorio dell'America Centrale si presenta infatti come una lunga e irregolare dorsale vulcanica con edifici che superano i 4.000 metri di altitudine, prossima alla costa pacifica, ed un territorio da sub pianeggiante a montuoso nelle zone più interne sino al Mar dei Caraibi. Aree pianeggianti si riscontrano in corrispondenza della fascia costiera pacifica, mentre spostandosi verso Est e Nord-Est si incontra una serie di bruschi rilievi che digradano in direzione del versante orientale, in alcune pianure lambite dal Mar dei Caraibi.



Fig. 5.2 – Efectos de un evento de crecida y debrisfloow al oeste de Quetzaltenango (Guatemala).



Fig. 5.3 – Efectos de los deslizamientos en la frontera entre El Salvador y Guatemala.



Fig. 5.4 – Efectos de un fenómeno de flujo rápido provocado por un fenómeno de erosión hídrica hipodérmica (piping) en Comazagua (El Salvador).

mientras el Pacífico recibe las aguas de ríos pequeños y de régimen torrencial.

Desde el punto de vista de la subdivisión en zonas morfo-climáticas, el área centroamericana entra dentro de la zona tropical húmeda y presenta su típico régimen hidrológico y térmico (temperaturas promedio anuales comprendidas entre los 20 y los 30 ºC y valores medios anuales de precipitaciones superiores a 1,500 mm). Tal clasificación describe estas áreas como afectadas por importantes procesos de meteorización por lo que concierne a la alteración química, mientras son moderados los de deshacimiento mecánico.

La región centroamericana se coloca en correspondencia con la franja de latitud que frecuentemente se ve afectada por el paso de las perturbaciones conocidas como huracanes (perturbaciones ciclónicas tropicales). El régimen hidrológico del área centroamericana está caracterizado por frecuentes lluvias torrenciales principalmente asociadas con tormentas tropicales. En los siete meses comprendidos entre mayo y noviembre, las condiciones meteorológicas son tales que generan fenómenos aluviales de carácter catastrófico, capaces de mover grandes cantidades de sedimentos de las vertientes hacia áreas más bajas. Eventos de este tipo pueden provocar verdaderos desastres nacionales como en Guatemala, Nicaragua y El Salvador. Valores de lluvia más altos de los promedios anuales pueden verificarse en la ocurrencia de una tormenta cualquiera y, en algunos casos, un solo día de lluvia, en estas latitudes, puede superar la precipitación anual de muchos países con un régimen más templado.

En virtud de las condiciones geológicas y geomorfológicas delineadas más arriba, los efectos provocados por los sistemas de precipitación asociados a estas grandes perturbaciones son, en muchos casos, de tipo catastrófico, ya sea por lo que respecta al determinarse eventos de crecida y rebosamiento, sea por lo relativo a la activación de procesos de ladera, en particular de tipo flujo rápido por debris flow o debris avalanche.

Por un lado, precipitaciones prolongadas alimentan en forma extraordinaria cursos de agua, cuyas cuencas son típicamente más desarrolladas en su anchura que en su longitud (a causa de la conformación ístmica de la región), con condiciones particularmente favorables a la acumulación no fraccionada de los caudales; por otro lado, flujos meteóricos intensos y prolongados fuerzan las condiciones de equilibrio a lo largo de los escarpados flancos de las cordilleras y de los relieves volcánicos aislados, saturando las rocas ya significativamente debilita-

Il territorio non presenta reti fluviali di rilievo: i maggiori corsi d'acqua sfociano nel Mar dei Caraibi, mentre il Pacifico riceve le acque di fiumi brevi e a regime torrentizio.

Dal punto di vista della suddivisione in zone morfoclimatiche, l'area centro-americana ricade all'interno della zona tropicale umida e ne presenta il regime idrologico e termico (temperature medie annue comprese tra 20 e 30 °C e valori medi annui delle precipitazioni superiori a 1500 mm). Tale classificazione descrive queste aree come affette da importanti processi di weathering per ciò che concerne l'alterazione chimica, mentre sono moderati quelli di disfacimento meccanico.

La regione centroamericana si colloca in corrispondenza della fascia di latitudine che frequentemente è interessata dal passaggio delle perturbazioni note come uragani (perturbazioni cicloniche tropicali). Il regime idrologico dell'area centroamericana è caratterizzato da frequenti piogge torrenziali principalmente associate a tempeste tropicali. Nei sette mesi compresi tra maggio e novembre le condizioni meteorologiche sono tali da generare fenomeni alluvionali a carattere catastrofico in grado di mobilizzare grandi quantità di sedimento dai versanti verso aree poste più a valle. Eventi di questo tipo possono provocare veri e propri disastri nazionali come in Guatemala, Nicaragua ed El Salvador. Valori di pioggia più alti delle medie annuali possono verificarsi in occasione di una singola tempesta e, in alcuni casi, un solo giorno di pioggia, a queste latitudini, può superare la piovosità annuale di molti paesi a regime temperato.

In ragione delle condizioni geologiche e geomorfologiche di sopra delineate gli effetti provocati dai sistemi di precipitazione associati a queste grandi perturbazioni sono in molti casi di tipo catastrofico; sia per quanto riguarda il determinarsi di eventi di piena ed esondazione, sia per quanto riguarda l'attivazione di fenomeni franosi, in particolare di tipo flusso rapido per debris flow o debris avalanche.

Da un lato, precipitazioni prolungate alimentano in modo straordinario corsi d'acqua, i cui bacini sono tipicamente maggiormente sviluppati in larghezza, piuttosto che in lunghezza (a causa della conformazione istmica della regione), con condizioni particolarmente favorevoli al cumulo non frazionato delle portate; dall'altro, afflussi meteorici intensi e prolungati forzano le condizioni di equilibrio lungo i ripidi fianchi delle cordigliere e dei rilievi

das por los procesos de alteración, así como a las mismas cubiertas aluviales. Ambas pueden causar devastación y pérdida de vidas humanas, aun así, las lluvias ciclónicas son mucho más intensas y perdurables, capaces de cubrir amplias áreas de territorio afectadas por el paso de la perturbación que las ha generado. Lluvias torrenciales de este tipo pueden causar serios daños a la agricultura, al sistema de distribución hídrica y a la infraestructura de amplias regiones, constituyendo un verdadero obstáculo para el desarrollo de poblaciones completas que ocupan áreas económicamente deprimidas.

Las consecuencias morfo-dinámicas asociadas a los episodios ciclónicos (tormentas, ventiscas y huracanes) son, por tanto, la ocurrencia de fenómenos de flujos de detritos y avalanchas de sedimentos sobre las vertientes y su propagación sobre torrentes alimentados por estas, de desbordamientos o fenómenos de flash flood sobre los canales fluviales principales. Estudios en ambientes templados y tropicales-húmedos han demostrado que existe un umbral en la relación entre la duración y la intensidad de las precipitaciones por procesos gravitacionales inducidos por chaparrones o temporales. Lluvias de duración breve y elevada intensidad producen típicos desnudamientos superficiales (soil slip) y flujos de detritos (debris flow); lluvias de larga duración y de baja intensidad, en cambio, producen normalmente típicos procesos de ladera, como avalanchas de sedimentos (debris avalanche) y slumps.

La frecuencia y la magnitud de tales eventos pueden ser directamente verificadas sobre el terreno, observando los caracteres estratigráficos y geomorfológicos y la difusión con la cual se hayan los depósitos producidos, constituidos por lo general por cúmulos de peñascos de métricos a pluri-métricos en matrices de depósitos toscos. Los volcanes de Centroamérica son, de hecho, típicamente rodeados por faldas aluviales (faldas) que pueden extenderse por decenas de kilómetros desde los centro eruptivos. Las faldas se forman por la coalescencia de conos aluviales alimentados por flujos y avalanchas de detritos (debris flow/avalanche), que en un ambiente volcánico son conocidos también con el nombre de lahar, cuyo volumen movilizado es transportado a lo largo de numerosos valles, que inciden en modo radial en los edificios volcánicos.

En el ámbito de los fenómenos capaces de determinar condiciones de riesgo hidrológico, los procesos de ladera ocupan ciertamente una importancia central, pero es oportuno considerar también los fenómenos mixtos, en los cuales el agua asume un rol no solo de factor de control (predisponente – desencadenante) mas bien,

vulcanici isolati, saturando le rocce già significativamente indebolite dai processi di alterazione, così come le estese coperture eluvio-colluviali. Entrambe possono causare devastazioni e perdita di vite umane, tuttavia, le piogge cicloniche sono di gran lunga più intense e perduranti, in grado di coprire ampie aree di territorio interessate dal passaggio della perturbazione che le ha generate. Piogge torrenziali di questo tipo possono causare seri danni all'agricoltura, al sistema di distribuzione idrico e alle infrastrutture di ampie regioni, costituendo un vero ostacolo allo sviluppo di intere popolazioni che occupano aree economicamente depresse.

Le conseguenze morfodinamiche associate agli episodi ciclonici (tempeste, tormente e uragani) sono, dunque, il verificarsi: di fenomeni di debris flows e debris avalanche sui versanti ed il loro propagarsi sui torrenti da questi alimentati; di esondazioni o fenomeni di flash flood sui canali fluviali principali. Studi in ambienti temperati e tropicali-umidi hanno dimostrato che esiste una soglia nel rapporto tra durata e intensità delle precipitazioni per frane indotte da nubifragi. Piogge di breve durata ed elevata intensità innescano tipicamente denudamenti superficiali (soil slip) e flussi di detrito (debris flow); piogge di lunga durata a bassa intensità invece producono di regola tipicamente frane più profonde, come valanghe di detrito (debris avalanche) e slumps.

La frequenza e la magnitudo di tali eventi può essere direttamente riscontrata sul terreno, osservando i caratteri stratigrafici e geomorfologici e la diffusione con la quale si rinvengono i depositi prodotti, costituiti per lo più da accumuli di massi da metrici a pluri-metrici in matrice di depositi grossolani. I vulcani del Centro America sono, infatti, tipicamente circondati da falde alluvionali (faldas) che possono estendersi per decine di chilometri dai centri eruttivi. Le faldas si formano dalla coalescenza di conoidi alluvionali alimentate da flussi e valanghe di detrito (debris flow/avalanche), che in ambiente vulcanico prendono anche il nome di lahar, il cui volume mobilizzato viene trasportato lungo le numerose valli, che incidono in modo radiale gli edifici vulcanici.

Nell'ambito dei fenomeni in grado di determinare condizioni di rischio idrogeologico, le frane occupano certamente un'importanza centrale ma è opportuno considerare anche quei fenomeni misti, nei quali l'acqua assume un ruolo non solo di fattore di controllo (predisponente – scatenante) ma, attraverso il fenomeno

por medio del fenómeno de escorrentía, de verdadero agente. Es el caso de los procesos de ladera rápidos de tipo flujo o colada.

Una simple definición de proceso gravitacional (Cruden, 1998) define este fenómeno como un movimiento de tierra, detrito o roca a lo largo de una vertiente o ladera. El material involucrado puede limitarse a la manta aluvio-coluvial (procesos de ladera en la cubierta) o comprender volúmenes más profundos afectando la roca en el sitio (procesos de ladera en el substrato). Se trata, por tanto, de un fenómeno de deformación de un volumen de roca o detrito que expone en afloramiento al menos en una de las superficies que lo delimitan. Los flujos de detrito son generalmente canalizados y se forman dentro de incisiones y/o cuencas de dimensiones media o pequeña y de bajo grado de jerarquización. En regímenes tropicales, estos fenómenos son generalmente asociados a lluvias incluso no particularmente intensas pero pueden darse y amplificarse también como consecuencia de eventos sísmicos.

Otro aspecto geológico que en mucho sectores centroamericanos determina condiciones de peligrosidad geo-hidrológica es el vinculado con la inestabilidad de la corteza. No importando la naturaleza genética, los sismos son de hecho responsables de la activación generalizada de procesos gravitacionales, tanto cuanto los ciclones tropicales. De hecho, los depósitos frecuentemente semi-coherentes o incoherentes, presentes sobre la superficie de las laderas pueden ser movidos gracias a la aceleración sísmica.

Es de conocimiento generalizado que los terremotos constituyen uno de los principales factores de la disposición a procesos gravitacionales (Bommer & Rodríguez, 2002; Keefer, 1984). En un área como la de Centroamérica, periódicamente afectada por eventos sísmicos de magnitud notable, estos tienden a provocar procesos de ladera de varios tipos, en relación con las características de estabilidad de las vertientes precedentes al evento sísmico (Harp et al., 1981; Agnesi et al., 2002).

Entre los factores responsables de las condiciones de peligrosidad geo-hidrológica se ha de considerar, también, el rol del hombre: el factor antrópico. Las modificaciones del paisaje y del equilibrio de las vertientes causadas por la necesidad de aprovechamiento del suelo por parte del hombre, se traduce, si el proceso de desarrollo socio-económico no es guiado por un modelo de planificación territorial, en un empeoramiento de las condiciones de inestabilidad natural de las laderas y de las cuencas hi-

del ruscellamento, di vero e proprio agente. È il caso delle frane rapide del tipo flusso o colata.

Una semplice definizione di frana (Cruden, 1991) definisce questo fenomeno come un movimento di terra, detrito o roccia lungo un versante. Il materiale coinvolto può limitarsi alla coltre eluvio – colluviale (frane in copertura) o coinvolgere volumi più profondi interessando la roccia in posto (frane in substrato). Si tratta, dunque, di un fenomeno di deformazione di un volume di roccia o detrito che espone in affioramento almeno una delle superfici che lo delimitano. I flussi di detrito sono generalmente canalizzati e si formano all'interno di incisioni e/o bacini di piccole o medie dimensioni e a basso grado di gerarchizzazione. In regimi tropicali questi fenomeni sono in genere associati a piogge anche non particolarmente intense ma possono verificarsi ed amplificarsi altresì in seguito a eventi sismici.

Un altro aspetto geologico che in molti settori centroamericani determina condizioni di pericolosità geo-idrologica è quello connesso con l'instabilità della crosta. Quale che sia la natura genetica, i sismi sono infatti responsabili dell'attivazione generalizzata di frane, tanto quanto i cicloni tropicali. Infatti i depositi spesso semicoerenti o incoerenti, presenti sulla superficie dei versanti possono essere mobilizzati grazie all'accelerazione sismica.

È noto che i terremoti costituiscono uno dei principali fattori della franosità (Bommer & Rodríguez, 2002; Keefer, 1984). In un'area quale quella centro americana, periodicamente interessata da eventi sismici di notevole magnitudo, questi tendono ad innescare fenomeni franosi di differente tipologia, in relazione alle caratteristiche di stabilità dei versanti precedenti l'evento sismico (Harp et al., 1981; Agnesi et al., 2002).

Tra i fattori responsabili delle condizioni di pericolosità geo-idrologica è poi da considerarsi il ruolo dell'uomo: il fattore antropico. Le modificazioni del paesaggio e dell'assetto dei versanti causate dalla necessità di sfruttamento del suolo da parte dell'uomo, si traducono, se il processo di sviluppo socio-economico non è guidato da un modello di pianificazione territoriale, in un peggioramento delle condizioni di naturale stabilità dei versanti e dei bacini idrografici. Vale ad esempio l'opera di deforestazione finalizzata alla conversione in colture produttive o in aree di espansione urbanistica. Questo tipo di interventi

drográficas. Un buen ejemplo lo constituye la obra de deforestación con el objetivo de convertir en áreas de cultivo o de expansión urbanística. Este tipo de intervenciones, de hecho, no solo modifican las condiciones de la cubierta del suelo, privándola de una protección natural ofrecida por los aparatos radicales de los troncos, pero sobre todo modifican significativamente las modalidades con las cuales se realiza el flujo superficial y, por tanto, por lo dicho antes, los equilibrios mecánicos e hidrográficos que allí se realizan.

Las áreas sometidas a un significativo riesgo de flash-flood están comprendidas generalmente entre los 10 km desde la cima de los volcanes y pueden ser inundadas en un espacio de tiempo comprendido entre unos pocos minutos y unas pocas decenas de minutos desde que se verifica el evento lluvioso.

No obstante las dimensiones reducidas de las áreas en riesgo, también los eventos menos significativos pueden provocar efectos devastadores; esto porque la expansión urbana y de las áreas agrícolas ha invadido ya la base y a menudo los lados de la mayoría de volcanes centroamericanos, poniendo en alto riesgo las poblaciones que viven y trabajan a lo largo de los impluvios que disecan los flancos.

Los fenómenos de flash-flood están seguramente asociados a lluvias intensas y más o menos prolongadas, pero su desarrollo está estrictamente controlado por los caracteres hidrológicos y geo-morfológicos del retículo hidrográfico. Fenómenos de flash-flood normalmente afectan cuencas pluviales de pequeñas y medianas dimensiones (hasta pocos centenares de km^2), con tiempos de respuesta muy rápidos debidos a las inclinaciones elevadas. Esto provoca eventos de crecida que se verifican poco tiempo después del inicio del evento lluvioso con márgenes muy reducidos para activar procedimientos de alerta precoz.

Fenómenos de erosión intensa y de elevada masa de sólidos transportados, debidos a precipitaciones excepcionales, producen flujos de detritos más o menos concentrados que pueden aumentar por varios grados de grandeza los caudales normales de los cursos de agua en tiempos rápidos o rapidísimos (de pocos minutos a pocas horas).

Los eventos meteóricos excepcionales, como por ejemplo el huracán Mitch, abatiéndose sobre un territorio geológicamente frágil, pueden dar lugar a efectos desastrosos de entidad considerable, con consecuencias a menudo no fácilmente evaluables a priori.

infatti, non solo modificano le condizioni di copertura del suolo, privandolo di una naturale protezione offerta dagli apparati radicali dei fusti, ma soprattutto modificano significativamente le modalità con le quali si realizza il deflusso superficiale e, dunque, per le cose dette di sopra, gli equilibri meccanici ed idrologici che vi si realizzano.

Le aree sottoposte a un significativo rischio da flash-flood sono in genere comprese nei 10 km dalla sommità dei vulcani e possono essere inondate in un arco di tempo compreso tra i pochi minuti alle poche decine di minuti dal verificarsi dell'evento piovoso.

Nonostante le ridotte dimensioni delle aree a rischio anche gli eventi meno significativi possono provocare effetti devastanti; questo perché l'espansione urbana e delle aree agricole ha ormai invaso la base e spesso i fianchi dei maggiori vulcani centro americani ponendo ad alto rischio le popolazioni che vivono e lavorano lungo gli impluvi che ne dissecano i fianchi.

I fenomeni di flash-flood sono sicuramente associati a piogge intense e più o meno prolungate ma il loro sviluppo è strettamente controllato dai caratteri idrologici e geomorfologici del reticolo idrografico. Fenomeni di flash-flood di regola interessano bacini fluviali di piccole e medie dimensioni (fino a poche centinaia di km^2), con tempi di risposta molto rapidi dovuti alle inclinazioni elevate. Questo provoca eventi di piena che si verificano breve tempo dopo l'inizio dell'evento piovoso con margini molto ridotti per attivare procedure di allerta precoce.

Fenomeni di erosione intensa e di elevato trasporto solido, dovuti a precipitazioni eccezionali, innescano flussi di detrito più o meno concentrati che possono aumentare di vari ordini di grandezza le normali portate dei corsi d'acqua in tempi rapidi o rapidissimi (da pochi minuti a poche ore).

Gli eventi meteorici eccezionali, quali ad esempio l'uragano Mitch, abbattendosi su un territorio geologicamente fragile, possono dare luogo ad effetti disastrosi di entità considerevole, con conseguenze spesso non facilmente valutabili a priori.

A titolo di esempio si può citare eseguita in occasione del passaggio dell'uragano Mitch (Ottobre 1998) nel contesto urbano della città di Tegucigalpa (Honduras).

Por ejemplo, el análisis efectuado con ocasión del paso del huracán Mitch (octubre 1998) en el contexto urbano de la ciudad de Tegucigalpa (Honduras). Las lluvias torrenciales, prolongadas por tres días, causaron el desencadenamiento de un gigantesco proceso gravitacional que involucró la vertiente suroriental del Cerro Berrinche, ubicado en el sector nororiental de la ciudad (Fig. 5.5). El proceso de ladera, de tipo deslizamiento rotacional/colada, además de destruir los asentamientos urbanos ubicados en el área directamente afectada por el movimiento, alcanzó el cauce del Río Choluteca, el río que atraviesa la capital hondureña, causando su bloqueo. La formación de tal diga natural causó aluviones en gran parte del centro habitado de la capital hondureña. En este caso, la interacción entre movimiento de ladera y aluviones en el centro urbano, ambos adjudicables al evento meteórico excepcional, determinó la amplificación del efecto destructivo del fenómeno natural. La experiencia del proceso gravitacional del Cerro Berrinche arroja luz sobre cuan fundamental es el estudio de los diferentes componentes de la peligrosidad hidrológica y el análisis de su interacción, con el fin de diseñar escenarios de riesgo atendibles.

Le piogge torrenziali protrattesi per tre giorni causarono la attivazione di una gigantesca frana che coinvolse il versante sud-orientale del Cerro Berrinche, ubicato nel settore nord orientale della città (Fig. 5.5). La frana, del tipo scorrimento rotazionale/colamento, oltre a distruggere gli insediamenti urbani ubicati nell'area direttamente interessata dal movimento, raggiunse l'alveo del Rio Choluteca, il fiume che attraversa la capitale honduregna, determinandone lo sbarramento. La formazione di tale diga naturale causò l'alluvionamento di gran parte del centro abitato della capitale honduregna. In questo caso, l'interazione tra movimento franoso e l'alluvionamento del centro urbano, entrambi ascrivibili all'evento meteorico eccezionale, ha determinato l'amplificazione dell'effetto distruttivo del fenomeno naturale. L'esperienza della frana del Cerro Berrinche, mette in luce come sia fondamentale lo studio delle diverse componenti della pericolosità idrogeologica e l'analisi della loro interazione al fine di disegnare attendibili scenari di rischio.

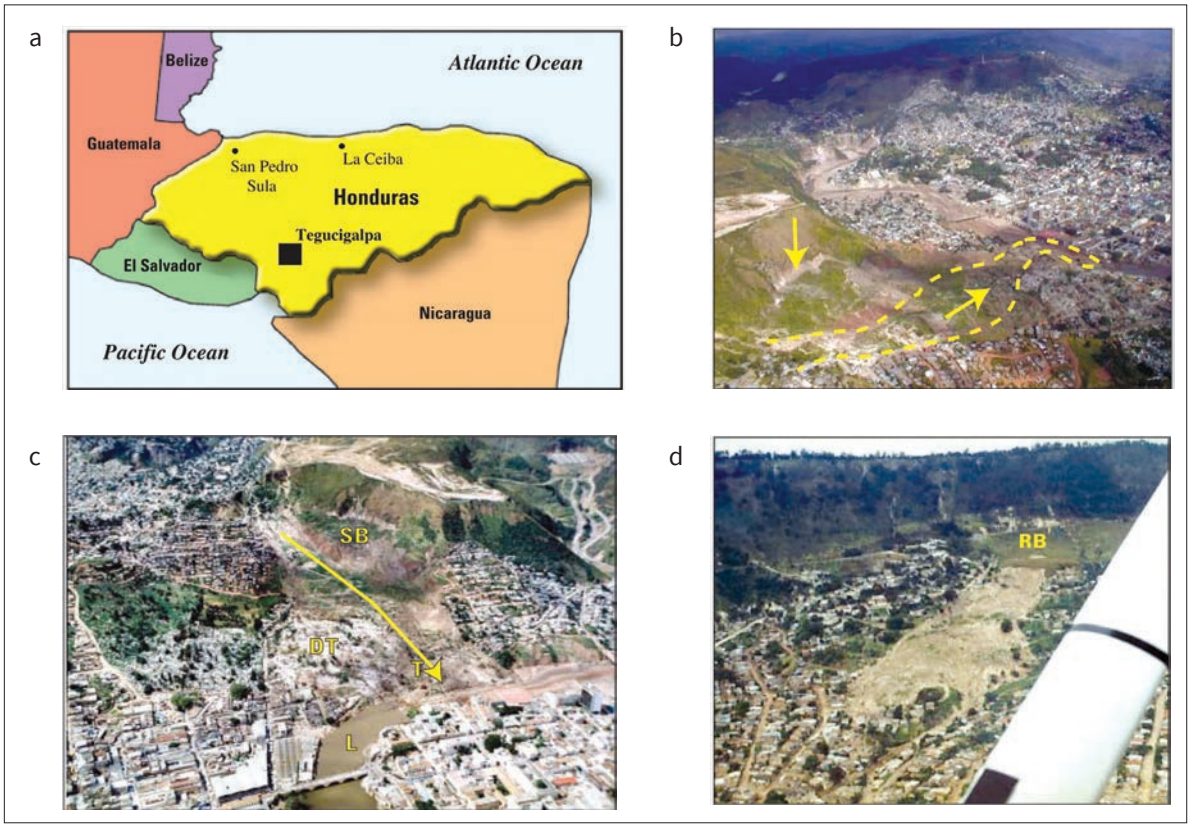


Fig. 5.5 – Los procesos gravitacionales complejos de desplazamiento/colada de tierra sucedidos en Tegucigalpa como consecuencia del huracán Mitch en 1998: a) encuadramiento geográfico; b, c) proceso de ladera del Cerro Berrinche desde la zona de separación y desde la vertiente opuesta; d) proceso gravitacional de El Reparto - (fuente:Harp et alii, 2001).

5.4

La peligrosidad hidrogeológica en El Salvador, Guatemala y Nicaragua

La pericolosità idrogeologica in El Salvador, Guatemala, e Nicaragua

A diferencia de cuanto sucede para los eventos volcánicos y sísmicos, los cuales son típicamente registrados instrumentalmente y colocados en el espacio en modo puntual (centro eruptivos y epicentros), ya sea los eventos de escorrentía como los procesos gravitacionales son, más bien, distribuidos sobre áreas extensas, sobre las cuales, en condiciones predisponentes similares, se identificó el empuje del detonador (el paso de una o más celda de temporal o una aceleración sísmica). Por esta razón resulta difícil pero al mismo tiempo reductivo, salvo en casos particulares, describir las condiciones de peligrosidad geohidrológica simplemente leyendo la distribución de los eventos históricos en el espacio y en el tiempo. Los eventos geohidrológicos pueden sucederse sobre áreas diferentes y más extensas que aquellas en las cuales se tiene hoy por hoy a disposición un registro histórico. El análisis de algunos eventos, provocados por recientes perturbaciones ciclónicas y por sismos, permite de algún modo recabar indicaciones sobre las respuestas morfodinámicas e hidráulicas (tipologías de fenómenos, intensidad, propagación, distribución) que los territorios de los tres países centroamericanos devuelven en estos casos.

A continuación, se usan algunos eventos recientes que han provocado en el territorio considerado ingentes fenómenos de destrucción geohidrológica (el huracán Mitch de 1998 y el terremoto que golpeó en 2001 al territorio salvadoreño), para proveer un cuadro representativo de las que pueden ser, en concomitancia con eventos detonadores muy recurrentes en la región, las potenciales respuestas del territorio en términos de ruina geohidrológica.

A differenza di quanto avviene per gli eventi vulcanici e sismici, i quali sono tipicamente registrati strumentalmente e collocati nello spazio in modo puntuale (centri eruttivi ed epicentri), sia gli eventi di esondazione che quelli franosi, sono piuttosto distribuiti su aree estese, sulle quali, in condizioni predisponenti simili, si è verificata la sollecitazione di innesco (il passaggio di una o più celle temporalesche o un'accelerazione sismica). Per questa ragione risulta difficile ma al tempo stesso riduttivo, salvo casi particolari, descrivere le condizioni di pericolosità geoidrologica semplicemente leggendo la distribuzione degli eventi storici nello spazio e nel tempo. Gli eventi geo-idrologici possono verificarsi su aree diverse e più estese di quelle nelle quali si ha oggi a disposizione un record storico. L'analisi di alcuni eventi generalizzati, indotti da recenti perturbazioni cicloniche e da sismi, consente comunque di ricavare indicazioni sulle risposte morfodinamiche ed idrauliche (tipologie di fenomeni, intensità, propagazione, distruttività) che i territori dei tre paesi centro-americani restituiscono in questi casi.

Di seguito, si utilizzano alcuni eventi recenti che hanno indotto nel territorio considerato ingenti fenomeni di dissesto geo-idrologico (l'uragano Mitch del 1998 ed il terremoto che ha colpito nel 2001 il territorio salvadoregno), per fornire un quadro rappresentativo di quelle che possono essere, in concomitanza con eventi di innesco assai ricorrenti nella regione, le potenziali risposte del territorio in termini di dissesto geo-idrologico.

5.4.1 La peligrosidad geohidrológica asociada a las perturbaciones ciclónicas tropicales

El huracán Mitch, uno de los más violentos huracanes atlánticos, inicia como depresión tropical centrada en el

5.4.1 La pericolosità geoidrologica associata alle perturbazioni cicloniche tropicali

L'uragano Mitch, uno dei più violenti uragani atlantici, inizia come depressione tropicale centrata nel Mar Carai-

Mar Caribe el 22 de octubre de 1998 y se transforma en huracán dos días después, varios cientos de kilómetros a sur-suroeste de Jamaica. El huracán se intensifica rápidamente, y el 26 de octubre sube a categoría 5, con velocidad máxima del viento estimada en 290 km/h y ráfaga de más de 320 km/h (Lott et al., 1999). El 27 de octubre comienza a debilitarse, pero las precipitaciones dispersas y abundantes que precedían el centro de la depresión ya habían causado daños ingentes en Honduras, Nicaragua, Guatemala y El Salvador. Para el 30 de octubre, el huracán Mitch se reduce a tempestad tropical, y el día después se convierte en una depresión tropical.

El centro de la perturbación afectó sobre todo el territorio de Honduras, el sector oriental de Guatemala y el sector occidental de Nicaragua. En estos sectores se midieron precipitaciones superiores a los 1,000 mm. Incluso El Salvador fue afectado por frentes nebulosos asociados a la perturbación, los cuales provocaron intensas precipitaciones en particular en el sector oriental (Fig. 5.6).

bi il 22 ottobre 1998 e si trasforma in uragano due giorni dopo, diverse centinaia di chilometri a sud-sud-ovest della Giamaica. L'uragano si intensifica rapidamente, e il 26 ottobre sale a categoria 5, con velocità massima del vento stimata a 290 km/h e raffiche oltre 320 km/h (Lott et al., 1999). Entro il 27 ottobre comincia a indebolirsi ma le diffuse e abbondanti precipitazioni che precedevano il centro della depressione avevano già causato danni ingenti in Honduras, Nicaragua, Guatemala, El Salvador. Entro il 30 ottobre, l'uragano Mitch si riduce a tempesta tropicale, e il giorno dopo diventa una depressione tropicale.

Il centro della perturbazione ha per lo più interessato il territorio dell'Honduras, il settore orientale del Guatemala ed il settore occidentale del Nicaragua; in questi settori si sono misurate precipitazioni superiori ai 1.000mm. tuttavia anche El Salvador è stato interessato da fronti nuvolosi associati alla perturbazione, che hanno provocato intense precipitazioni, in particolare nel settore orientale (Fig. 5.6).

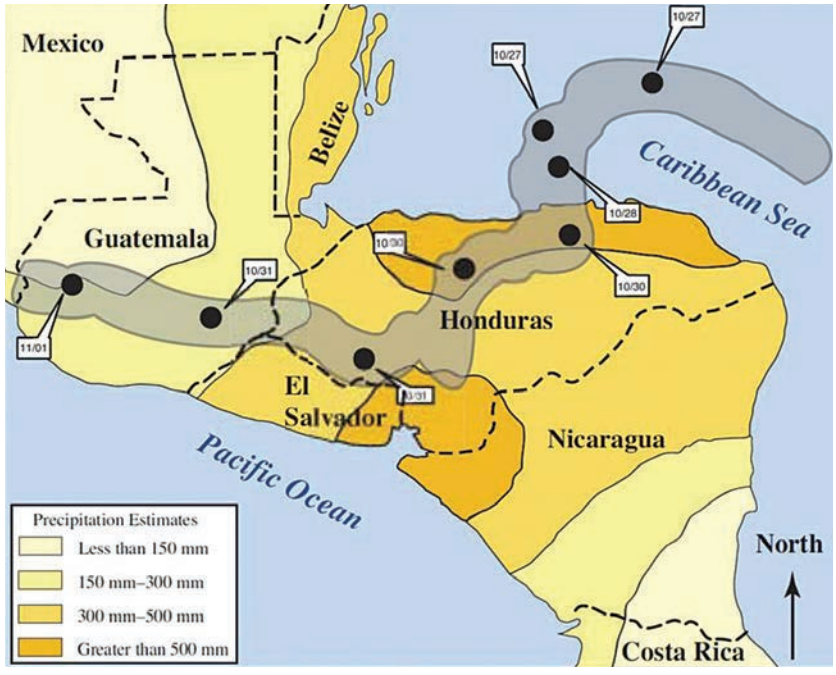


Fig. 5.6 – Recorrido seguido por el Huracán Mitch y distribución de lluvia acumulada entre el 25 de octubre y el 17 de noviembre de 1998 - (fuente: Crone et alii 2001).

El paso del huracán y las precipitaciones asociados a él dieron lugar a alteraciones importantes de la geografía física y humana de América Central. En todo el territorio centroamericano el paso del Mitch provocó

Il passaggio dell'uragano e le precipitazioni ad esso associate hanno dato luogo ad alterazioni importanti della geografia fisica e umana del Centro America. In tutto il territorio centroamericano il passaggio del Mitch

aproximadamente 10,000 muertos, a causa de la activación de extensos desbordamientos y de millares de procesos gravitacionales.

El análisis de los efectos geohidrológicos producidos por este evento resulta de mucho interés, ya sea por el carácter extraordinario del Mitch (que se coloca en el primer puesto en el grado de severidad de los daños producidos entre los huracanes de los últimos 10 o 20 años), pero sobre todo considerando el hecho que tales eventos meteorológicos son extremadamente recurrentes en el área y, por tanto, el escenario de daño observado al día siguiente del Mitch es predictivo del potencialmente observable en áreas con disposición geomorfológica e hidrológica similar. De hecho, la distribución espacial de los sitios golpeados en 1998 es el resultado de la combinación entre el recorrido efectivo del huracán y la distribución de las condiciones de peligrosidad geohidrológica en toda el área centroamericana.

Una característica específica del Mitch, que explica parcialmente la entidad de los daños provocados, es la circunstancia que la perturbación atravesó el área centroamericana hacia el final de la estación de lluvias encontrando, por tanto, suelos ya fuertemente saturados de agua. De hecho, toda el agua de la precipitación fue a alimentar el deflujo superficial y las presiones neutras dentro de los suelos.

EL SALVADOR

En El Salvador las precipitaciones ligadas al huracán Mitch dieron origen a subidas record de los niveles fluviales que causaron vastas inundaciones, particularmente catastróficas a lo largo del curso inferior del Río Lempa y en el Río Grande de San Miguel en el sureste de El Salvador (Fig. 5.7). Las fuentes gubernativas reportaron 374 muertos y 55,800 personas evacuadas. Además del tributo en vidas humanas, la tempestad provocó más de 600 millones de dólares en pérdidas económicas y dañó cerca del 60% de las calles asfaltadas.

En efecto, con ocasión del Mitch, la mayor parte de los daños y de las pérdidas de vidas humanas sufridas en El Salvador fueron atribuidas a los desbordamientos de los cursos de agua. Los procesos gravitacionales provocados por el huracán son reconducibles a la expoliación superficial que se verificó en los materiales poco compactos. En algunos casos, los hundimientos dieron lugar a coladas detríticas altamente móviles capaces de

ha provocato circa 10.000 morti, causati dall'attivazione di estese esondazioni e di migliaia di frane.

L'analisi degli effetti geo-idrologici indotti da questo evento risulta di grande interesse, sia per la straordinarietà del Mitch (che si colloca al primo posto nel grado di severità dei danni prodotti tra gli uragani degli ultimi 10-20 anni), ma, soprattutto, in considerazione del fatto che tali eventi meteorologici sono estremamente ricorrenti nell'area e dunque, lo scenario di dissesto osservato all'indomani del Mitch è predittivo di quello potenzialmente osservabile in aree aventi assetto geomorfologico ed idrologico simile; infatti la distribuzione spaziale dei siti colpiti nel 1998 è il risultato della combinazione tra l'effettivo percorso dell'uragano e la distribuzione delle condizioni di pericolosità geo-idrologica in tutta l'area centroamericana.

Una caratteristica specifica del Mitch, che spiega parzialmente l'entità dei danni provocati, è la circostanza che la perturbazione ha attraversato l'area centroamericana a stagione delle piogge in fase di ultimazione, incontrando dunque suoli già fortemente saturi in acqua. Di fatto tutte le acque di precipitazione sono andate ad alimentare il deflusso superficiale e le pressioni neutre all'interno dei suoli.

EL SALVADOR

In El Salvador, le precipitazioni legate all'uragano Mitch hanno dato origine ad innalzamenti record dei livelli fluviali, che causarono vaste inondazioni, particolarmente catastrofiche lungo il corso inferiore del Río Lempa e nel Río Grande de San Miguel nel sud-est di El Salvador (Fig. 5.7). Le fonti governative riportarono 374 morti e 55.800 persone evacuate. Oltre al tributo di vite umane, la tempesta ha provocato più di 600 milioni di dollari di perdite economica e danneggiato circa il 60 % delle strade asfaltate.

In effetti, in occasione del Mitch la maggior parte dei danni e delle perdite di vite umane sofferte da El Salvador furono da attribuirsi alle esondazioni dei corsi d'acqua. Gli eventi franosi furono in numero ed energia limitati. Le frane indotte dall'uragano sono riconducibili a denudamenti superficiali che si verificarono in materiali sciolti; in alcuni casi, i cedimenti diedero luogo a colate detritiche altamente mobili in grado di coprire distanze di diversi chilometri dalle aree di distacco. La maggior parte delle frane si sono mobilizzate lungo i versanti in modo



Fig. 5.7 – Los principales cursos de agua del territorio salvadoreño - (fuente: SNET).

cubrir distancias de varios kilómetros desde las áreas de separación. La mayor parte de los procesos de ladera se movilizaron a lo largo de las vertientes en modo coherente, pero gran parte del material desplazado sufrió luego una fragmentación interna después de la deposición.

En general, las laderas inclinadas donde afloran las formaciones volcánicas y volcánico-clásticas del Bálsamo (Terciario) y de San Salvador (Cuaternario), fueron afectadas por numerosos procesos gravitacionales de tipo deslizamiento y colada, transformantes, dependiente de la inclinación de las vertientes y del grado de saturación en fenómenos de tipo colada de detritos. En ciertos casos, se produjeron algunos grandes procesos de ladera, cuyo daño es probablemente atribuible a un deslizamiento, pero cuya evolución resulta compleja, con distancias de propagación incluso de varios kilómetros (Fig. 5.8).

Procesos gravitacionales similares con ocasión de huracanes que han golpeado en modo más intenso el territorio salvadoreño (huracán Ida, 2009), han provocado la muerte de muchas personas, como en el

coerente, ma gran parte del materiale franato ha poi subìto una frammentazione interna dopo la deposizione.

In generale, i versanti inclinati dove affiorano le formazioni vulcaniche e vulcano-clastiche del Balsamo (Terziario) e di San Salvador (Quaternario), sono stati interessati da numerose frane di tipo slide e flow, evolventi, in dipendenza dell'inclinazione dei versanti e del grado di saturazione in fenomeni di tipo debris flow. In alcuni casi, si sono prodotte alcune grandi frane, il cui innesco è probabilmente da ricondursi a scorrimento, ma la cui evoluzione risulta complessa, con distanze di propagazione anche di diversi chilometri (Fig. 5.8).

Frane simili in occasione di uragani che hanno colpito in modo più intenso il territorio salvadoregno (uragano Ida, 2009) hanno provocato la morte di molte persone, come nel caso dei debris flow che si sono mossi lungo i fianchi del Vulcano San Vicente il 9 novembre 2009, in seguito a precipitazioni prolungate che hanno interessato l'area, andando a colpire i due centri abitati posti al piede dei fianchi vulcanici stessi Guadalupe e Verapaz. In quella

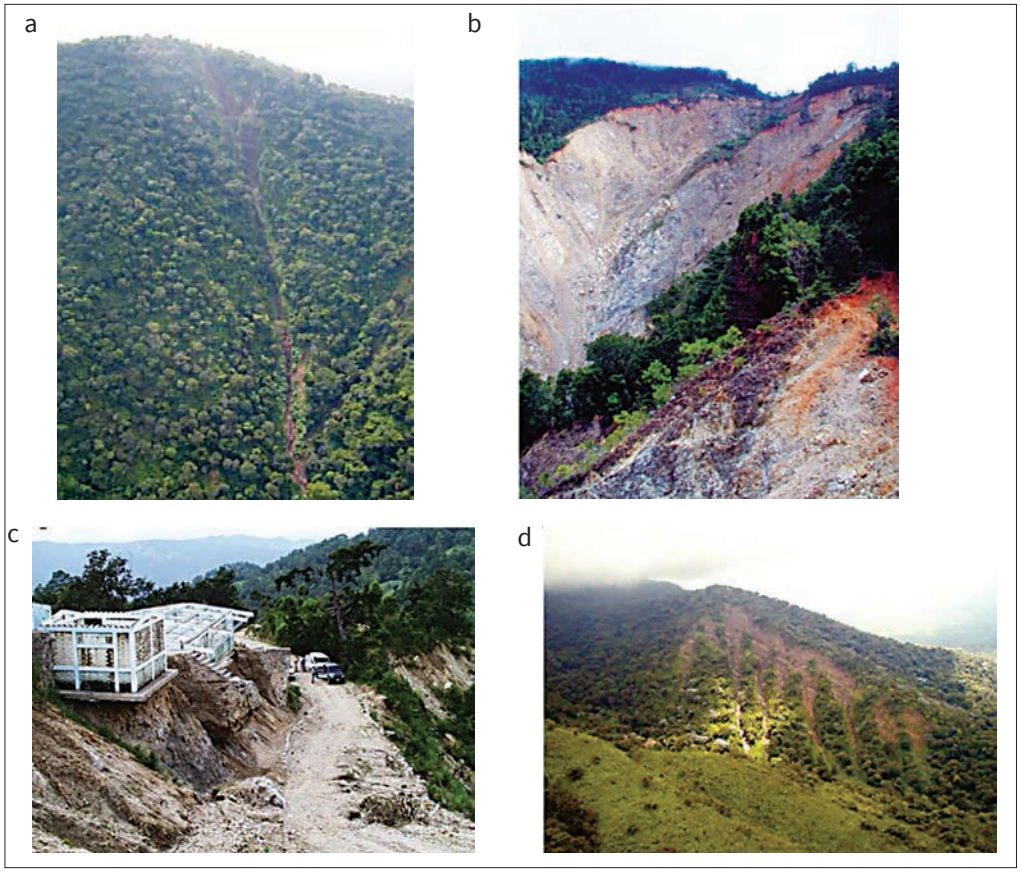


Fig.5.8 - Algunos grandes procesos de ladera de evolución compleja y distancias de propagación de varios kilómetros.

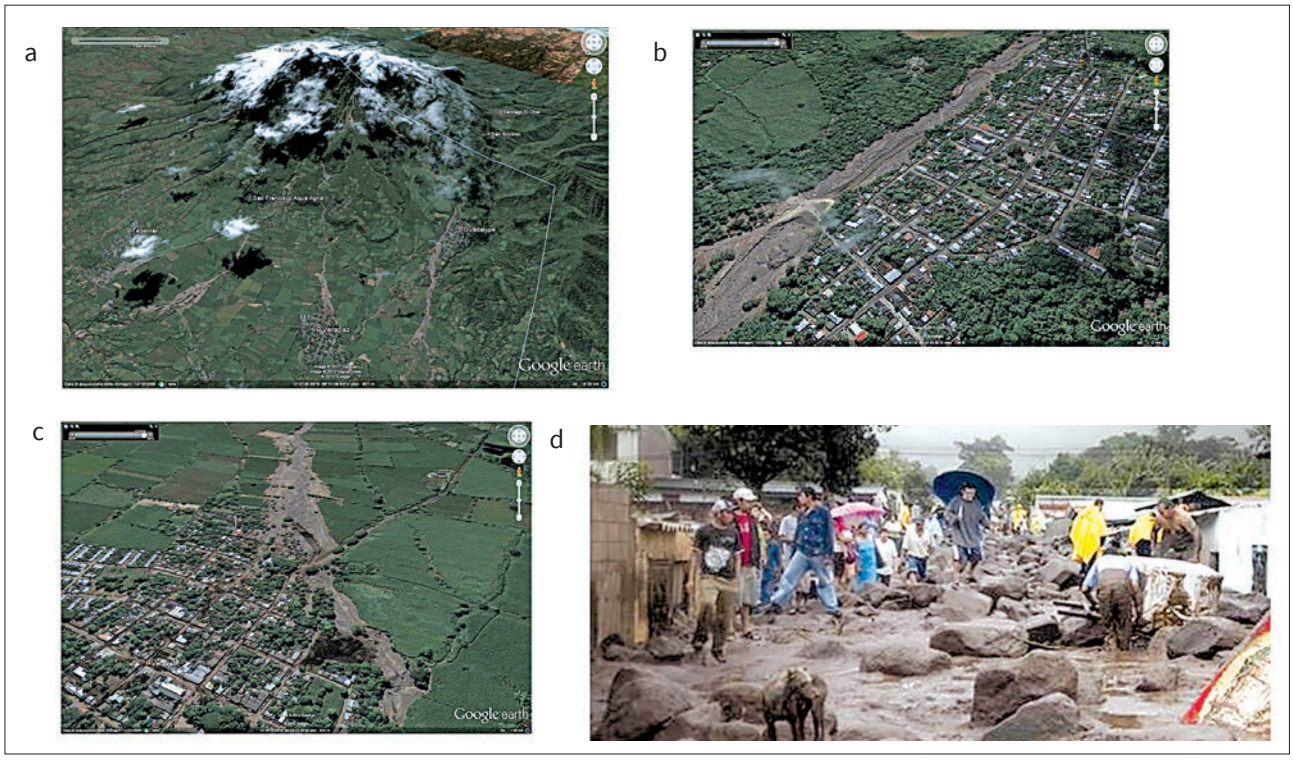


Fig. 5.9 – Procesos gravitacionales producidos por Ida sobre la vertiente noroccidental del Volcán San Vicente: a) los procesos de ladera desde el aire; b) detalle del pueblo de Guadalupe; c) detalle del pueblo de Verapaz; d) dimensiones de los bloques transportados.

caso de los las coladas de detritos que se desplazaron a lo largo de los flancos del Volcán San Vicente el 9 de noviembre de 2009, a continuación de precipitaciones prolongadas que afectaron el área, golpeando las dos poblaciones ubicadas al pie de los lados volcánicos mismos, Guadalupe y Verapaz. En esa ocasión, la velocidad del fenómeno, igual que la distancia de propagación y la capacidad de transportar en su recorrido bloques de dimensión métrica, fueron responsables de la muerte de 184 personas y de la evacuación de más de un millar de otras. Basta observar las dimensiones de los bloques transportados para tener una idea de la energía mecánica liberada (Fig. 5.9).

Los procesos gravitacionales provocados por el huracán Mitch afectaron todo El Salvador, pero la mayor concentración de los daños se dio en el área montañosa de San Ignacio, en las cercanías de la frontera con Honduras.

Una visión de la peligrosidad de procesos gravitacionales en El Salvador puede ser reconstruida a partir de un modelo estadístico que pone en relación los procesos de ladera sucedidos en el pasado con algunas variables físico-ambientales relativas a los sitios para los cuales se registraron. Sobre la base del principio de que los procesos gravitacionales futuros se darán en las mismas condiciones, es posible recabar un mapa de susceptibilidad a partir de la distribución espacial de las variables de control (Fig. 5.10).

occasione la velocità del fenomeno, così come la distanza di propagazione e la capacità di raccogliere lungo il suo cammino veri e propri blocchi di dimensione metrica, furono responsabili della morte di 184 persone e della evacuazione di più di migliaio di altre. È sufficiente osservare le dimensioni dei blocchi trasportati per avere una stima dell'energia meccanica liberatasi (Fig. 5.9).

Le frane indotte dall'uragano Mitch hanno interessato tutto El Salvador, ma la maggiore concentrazione si è verificata nell'area montuosa di San Ignacio nei pressi del confine con l'Honduras.

Una visione della pericolosità da frana in El Salvador può essere ricostruita a partire da un modello statistico che mette in relazione le frane avvenute nel passato con alcune variabili fisico-ambientali relative ai siti per i quali si sono registrate. Sulla base del principio che le frane future si verificheranno nelle stesse condizioni è poi possibile ricavare una mappa di suscettibilità a partire dalla distribuzione spaziale delle sole variabili di controllo (Fig. 5.10).

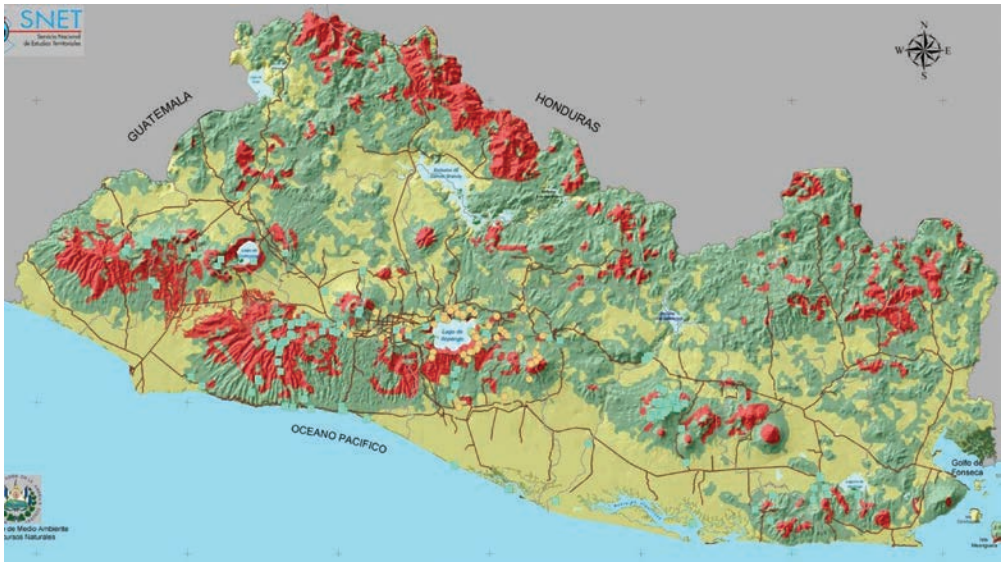


Fig. 5.10 – Mapa de la susceptibilidad a los procesos gravitacionales para el territorio de El Salvador – (fuente: García-Rodríguez & Malpica, 2010).

GUATEMALA

En Guatemala las lluvias intensas del huracán Mitch produjeron procesos de ladera e inundaciones con ingentes daños a la infraestructura y, no obstante la evacuación preventiva de más de 100,000 personas, hubo cerca de 268 muertos (US Agency for International Development, 1990). Los efectos incluyeron la destrucción de 68 puentes, 90 tramos de carretera y de 2,293 viviendas (19,332 fueron dañadas) y enormes daños en las áreas agrícolas. La agricultura fue duramente golpeada, con la pérdida de 90,000 hectáreas de cereales base, café, verduras y bananos. El gobierno de Guatemala y las Naciones Unidas estimaron los costos de rehabilitación y reconstrucción en 550 millones de dólares.

Los procesos gravitacionales desencadenados pueden ser identificados, desde el punto de vista de su origen, como procesos de ladera típicos de precipitaciones ya sea de alta intensidad y breve duración o bien de larga duración y baja intensidad. Procesos gravitacionales superficiales se produjeron por células de tormenta locales y concentradas formadas durante el paso del Mitch, mientras procesos de ladera más grandes y profundos fueron el resultado de lluvias prolongadas acaecidas durante los seis días de persistencia del huracán, con activaciones y/o reactivaciones a veces retrasadas hasta por una decena de días respecto de las lluvias (Fig. 5.11).

No faltaron en esta ocasión fenómenos más típicos como los imponentes fenómenos de debris flow con el arrastre, dentro del torrente, de material incluso de gran tamaño, como en el caso del Río La Lima y de la Quebrada Sucia (Fig. 5.12).

Eventos de procesos de ladera de consideración sucedieron en Guatemala también en 2005 a continuación del huracán Stan, el cual provocó notables procesos gravitacionales entre los cuales los fenómenos de mudslide responsables de la destrucción de los poblados de Panabaj y Tzanchaj en el Lago Atitlán, donde perdieron la vida más de un centenar de personas. Siempre en la misma zona del Lago Atitlán, eventos similares han golpeado sucesivamente a los habitantes de San Antonio Palopó (20 muertos) y San Marcos, con ocasión de la tormenta tropical Agatha (2010). El centro de Panajachel fue afectado por la crecida del Río del mismo nombre el cual, gracias a la gran cantidad de detritos transportados, condujo al desplome del puente de paso. Las lluvias de Agatha fueron también responsables de un sinkhole en la ciudad de Guatemala (Fig. 5.13).

GUATEMALA

In Guatemala le piogge intense dell'uragano Mitch hanno prodotto frane e inondazioni con ingenti danni alle infrastrutture e, nonostante l'evacuazione preventiva di oltre 100.000 persone, si verificarono circa 268 morti (US Agency for International Development, 1999). Gli effetti includono la distruzione di 68 ponti, di 90 percorsi stradali e di 2.293 abitazioni (19.332 furono danneggiate) e ingenti danni alle aree agricole. L'agricoltura fu duramente colpita, con la perdita 90.000 ettari di cereali di base, caffè, verdura e banane. Il governo del Guatemala e le Nazioni Unite stimarono i costi di riabilitazione e ricostruzione a 550 milioni di dollari.

Le frane attivatesi possono essere ricondotte dal punto di vista genetico a frane tipiche di precipitazioni sia di alta intensità e breve durata sia di lunga durata e bassa intensità. Frane superficiali sono state innescate da celle temporalesche locali e concentrate formatesi durante il passaggio di Mitch, mentre frane più grandi e profonde sono state il risultato di piogge prolungate avvenute durante i 6 giorni di persistenza dell'uragano, con attivazioni e/o riattivazioni a volte ritardate anche di una decina di giorni rispetto alle piogge (Fig. 5.11).

Non sono mancati in questa occasione fenomeni più tipici come imponenti fenomeni di debris flow con trasporto all'interno dei torrenti di materiale anche di grande pezzatura, come nel caso del Rio La Lima e della Quebrada Sucia (Fig. 5.12).

Eventi franosi assai rilevanti in Guatemala si sono attivati anche nel 2005 in seguito all'uragano Stan, il quale provocò notevoli frane tra le quali i fenomeni di mudslide responsabili della distruzione dei villaggi di Panabaj and Tzanchaj sul Lago Atitlan, dove persero la vita più di un centinaio di persone. Ancora nella stessa area del Lago Atitlan eventi simili hanno successivamente colpito gli abitati di San Antonio Palopò (20 morti) e San Marco, in occasione della tempesta tropicale Agatha (2010). Il centro di Panaichel fu interessato dalla piena del Rio omonimo che, grazie alla grande quantità di detrito trasportato, determinò anche il crollo del ponte di attraversamento. Le piogge di Agatha furono anche responsabili di un sinkhole nella città di Guatemala (Fig. 5.13).

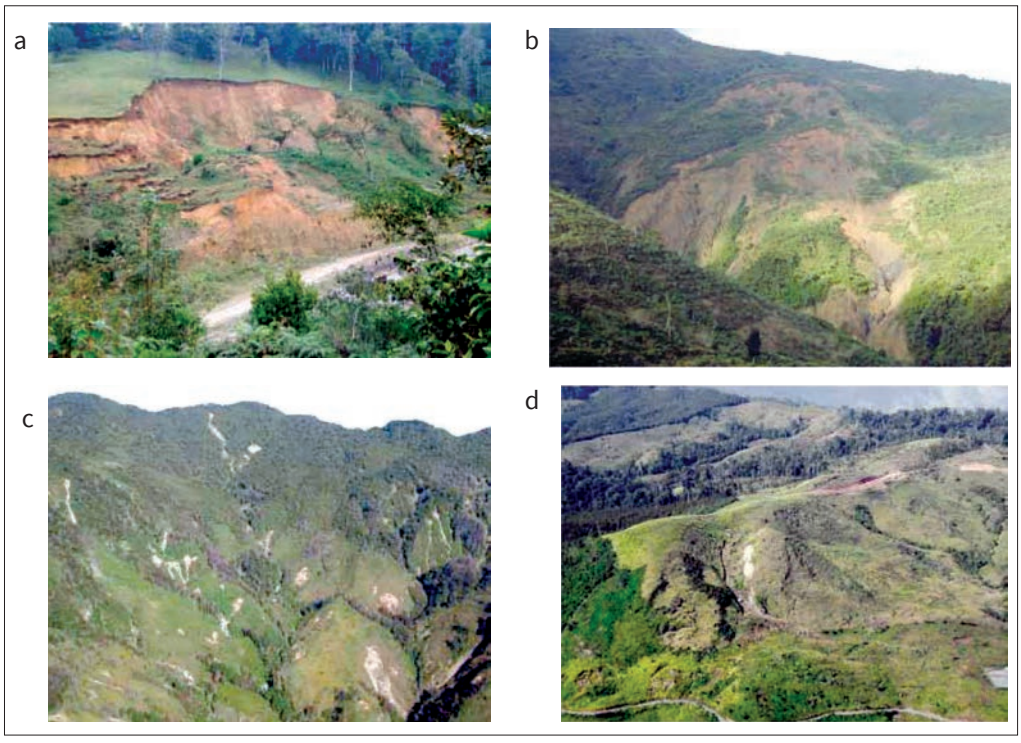


Fig. 5.11 – Procesos gravitacionales producidos por el Mitch en Guatemala: a) corrimiento rotacional de tierra en Cuyquel; b) corrimiento traslativo de tierra en la Concepción, en la cuenca del Río Polochic; c) proceso de ladera tipo debris flows sobre las vertientes de la Sierra de las Minas; d) un fenómeno de earth flow en Piedra Parada – (fuente: Bucknam et alii, 2001).

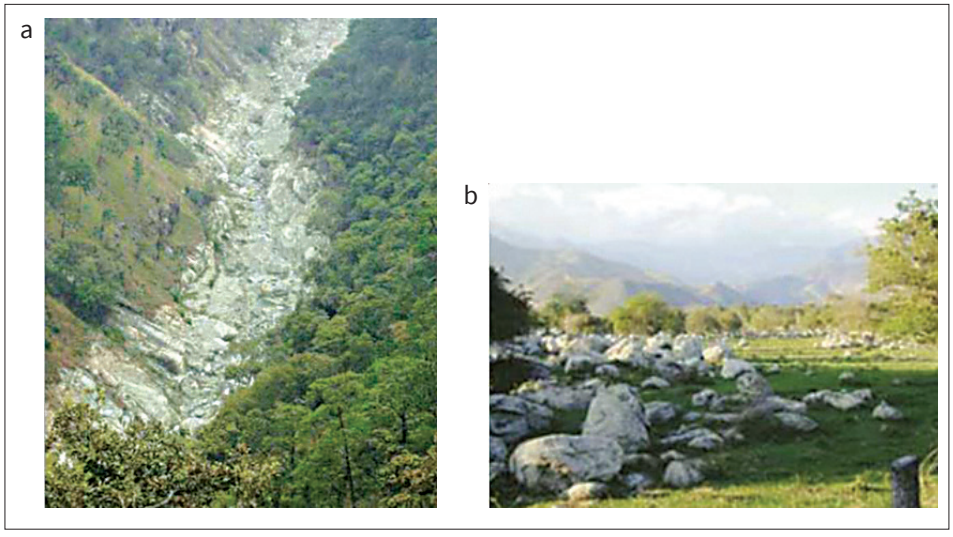


Fig. 5.12 – Canal atravesado por un flujo de detritos sobre el Río La Lima (a); depósito dedebrisflow con grandes bloques transportados por la Quebrada Sucia (b) – (fuente: Bucknam et alii, 2001).

Aprovechando la disponibilidad de una base de datos de procesos gravitacionales, un modelo digital del terreno y de una serie de capas de información, en correlación con las características geomorfológicas y geológicas del territorio guatemalteco, fue posible realizar un mapa de la susceptibilidad a los procesos de ladera, que pone en evidencia las áreas que por sus características físico-ambientales son más propensas a ser afectadas por procesos gravitacionales en el futuro (Fig. 5.14).

Sfruttando la disponibilità di un archivio frane, un modello digitale di terreno e di una serie di strati informativi, relativamente alle caratteristiche geomorfologiche e geologiche del territorio guatemalteco, è stato possibile realizzare una carta della suscettibilità da frana, che mette bene in evidenza, le aree che per caratteristiche fisico-ambientali sono più propense ad essere interessate da frane nel futuro (Fig. 5.14).



Fig. 5.13 – La cavidad abierta en la ciudad de Guatemala, a continuación de las lluvias de la Tormenta Agatha - (fuente: National Geographic).

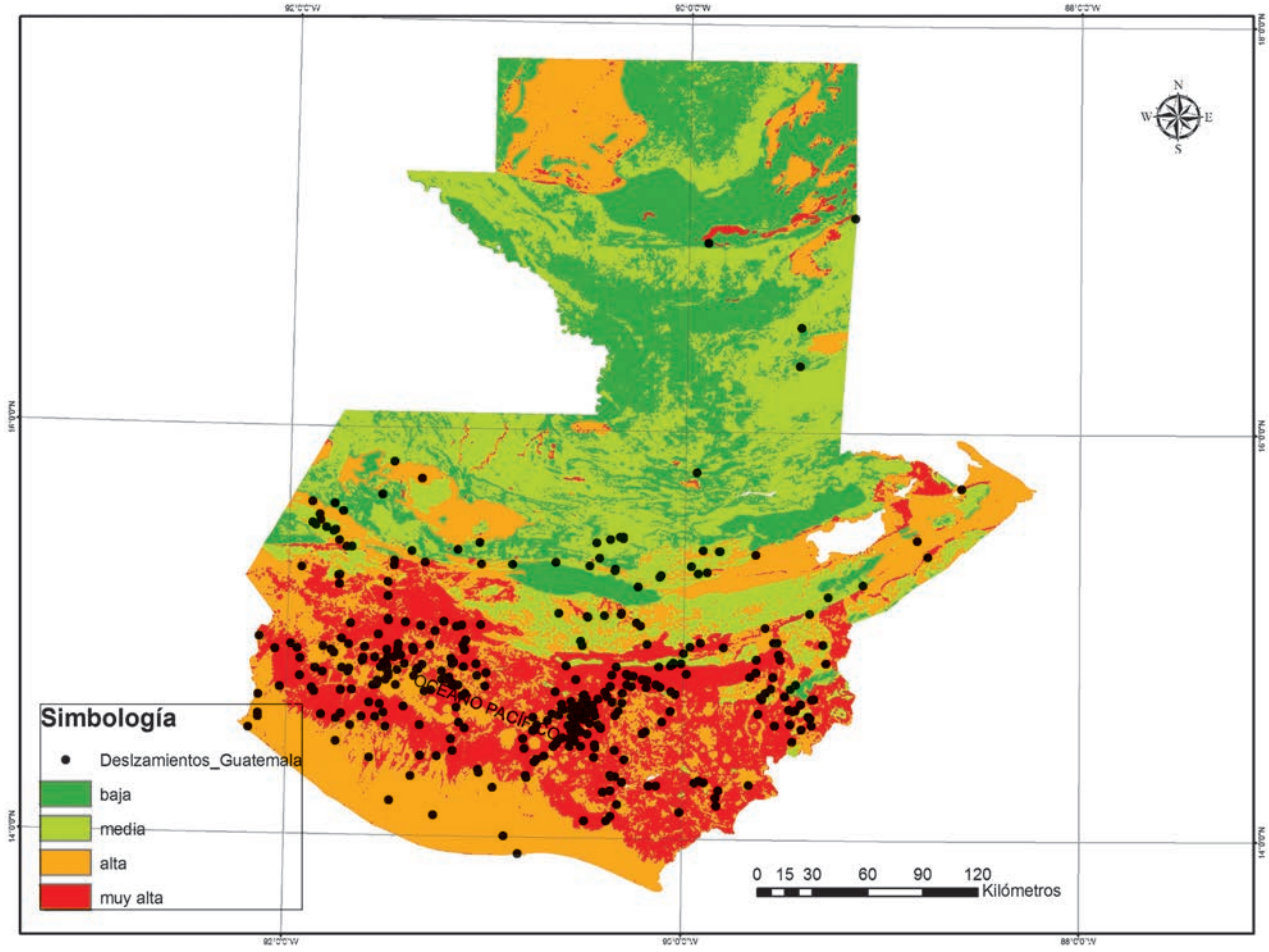


Fig. 5.14 – Mapa de la susceptibilidad a procesos gravitacionales en Guatemala.

NICARAGUA

Si bien el huracán Mitch no atravesó el territorio de Nicaragua, el complejo de sistemas de temporales asociados afectó notablemente su territorio, generando precipitaciones considerables. Los mayores daños a las carreteras fueron causados principalmente por el colapso de los puentes y secundariamente por procesos de ladera. Las áreas más golpeadas se localizan en los departamentos más occidentales de Estelí, León, Matagalpa, Jinotega y Chinandega. Al final, se contabilizaron más de 3,500 muertos, la mayor parte de los cuales (cerca de 2,000) provocados por fenómenos de lahar (mud/debris-flow) que se desencadenaron en el Volcán Casita y que destruyeron, entre otros, los pueblos de El Porvenir y Rolando Rodríguez (Fig. 5.15).

Otros fenómenos desatados están asociados a coladas de detritos. La extensión de los fenómenos va desde pocas decenas de metros cuadrados hasta cerca de 80,000 m^2 con flujos de sedimentos extendidos hasta por 5 km desde el área de separación (Fig. 5.16). Tales coladas rápidas son altamente destructivas y su paso causó numerosas víctimas, el colapso de puentes, la destrucción de carreteras, casas y otras estructuras, e inundación de terrenos y de vocación agrícola. El remanente 5% incluye coladas lentas de tierra que continuaron moviéndose aún después del paso del huracán destruyendo estructuras y causando un impacto notable sobre los terrenos agrícolas.

Las lluvias intensas provocaron también el desbordamiento del mismo Lago de Managua (Fig. 5.17).

NICARAGUA

Sebbene l'uragano Mitch non abbia attraversato il territorio del Nicaragua, il complesso dei sistemi temporaleschi associati ha interessato notevolmente il suo territorio, determinando precipitazioni notevolissime. I maggiori danni alle vie di comunicazione furono causati principalmente dal crollo dei ponti e secondariamente da fenomeni di frana. Le aree più colpite ricadono nei quartieri occidentali di Estelì, León, Matagalpa, Jinotega e Chinandega. Alla fine, si contarono più di 3.500 morti, la maggior parte dei quali (circa 2.000) provocati dai fenomeni di lahar (mud/debris-flow) che si attivarono sul Vulcano Casita e che distrussero, tra gli altri, i villaggi di El Porvenir y Rolando Rodríguez (Fig. 5.15).

Altri fenomeni attivatisi sono riconducibili a colate detritiche. L'estensione dei singoli fenomeni va da poche decine di metri quadrati fino a circa 80.000 m^2 con flussi di detrito estesi fino a 5 km dalle aree di distacco (Fig. 5.16). Tali colate rapide sono altamente distruttive e il loro passaggio ha causato numerose vittime, il crollo di ponti, la distruzione di strade, case e altre strutture, e inondato terreni agricoli. Il rimante 5% include colate lente di terra che hanno continuato a muoversi anche dopo il passaggio dell'uragano distruggendo strutture e causando un impatto notevole sui terreni agricoli.

Le ingenti piogge provocarono anche l'esondazione dello stesso Lago Managua (Fig. 5.17).



Fig. 5.15 – Los lahar del volcán Casita:

a y b vistos desde el aire; c la zona de depósito, con los grandes bloques transportados; d el área afectada – (fuente:USGS).

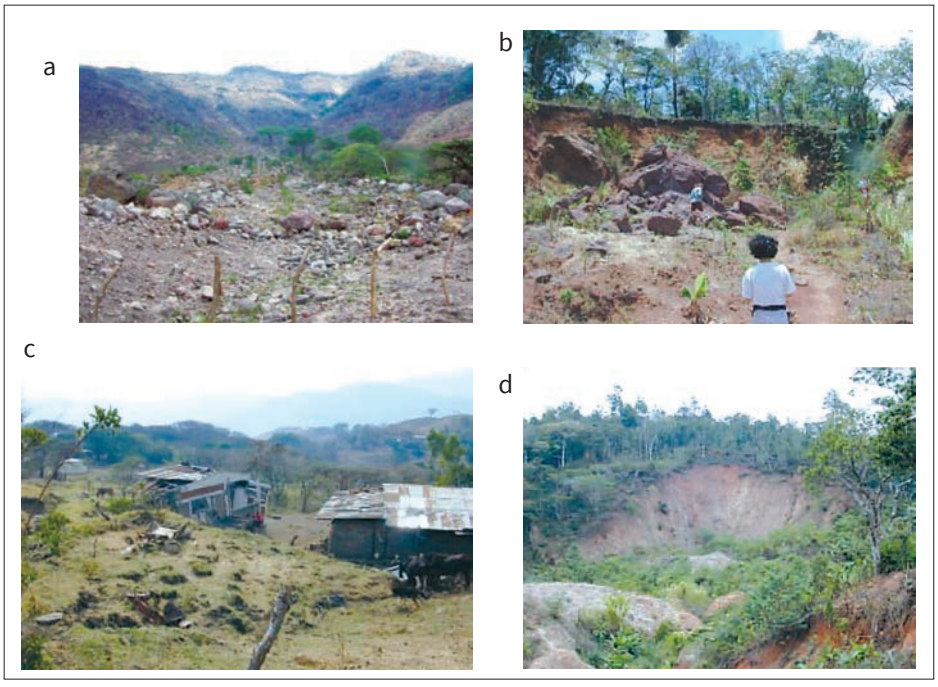


Fig. 5.16 – Procesos de ladera ocurridos en Nicaragua como secuela del Mitch: a) debris flow en La Caña; b) talud por desplazamiento de un debris flow que provocó una víctima en el pueblo de San Francisco; c) earth flow en San Simón de Palcila; d) capitel de debris flow en el área de Matagalpa – (fuente: Cannon et alii, 2001).

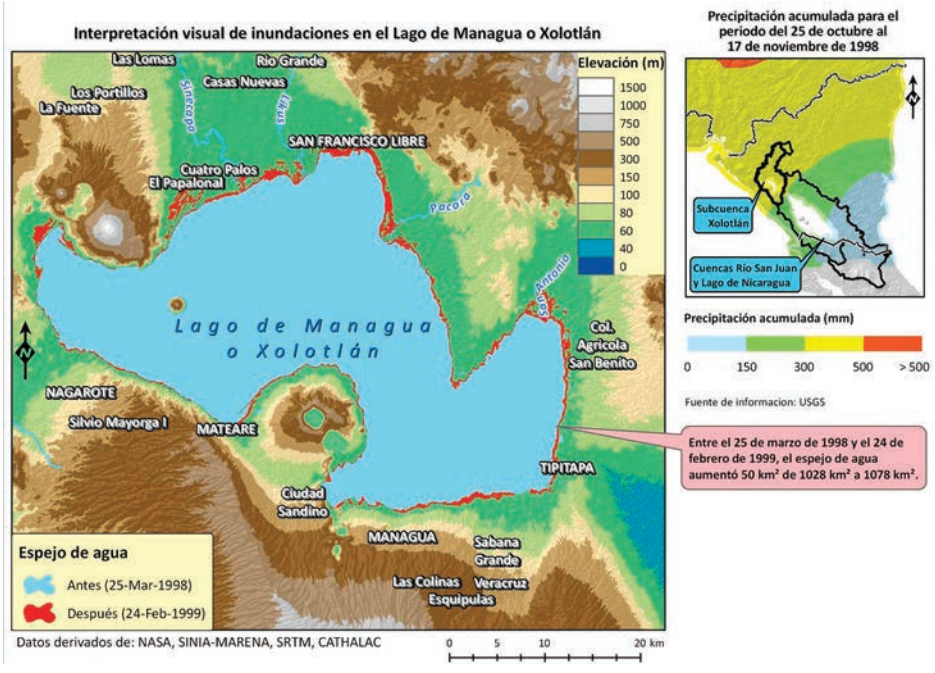


Fig. 5.17 – El alzamiento del nivel en el Lago de Managua provoca el desbordamiento del mismo y la inundación de las áreas costeras.

5.4.2 Un mapa global

Respecto a la peligrosidad de los procesos gravitacionales, se ha emprendido un esfuerzo de modelación, utilizando los datos disponibles (base de datos de procesos de ladera y características físico-ambientales) y las técnicas de análisis SIG de los datos, reconstruyendo escenarios de susceptibilidad a procesos gravitacionales para los tres países estudiados. Ha sido creada una base de datos de las formas de inestabilidad gravitacional que ha permitido reconstruir el cuadro

5.4.2 Una mappa complessiva

Per quanto riguarda la pericolosità da frana, si è dunque associato uno sforzo di modellazione, utilizzando i dati a disposizione (archivi frane e caratteristiche fisico-ambientali) e delle tecniche di analisi GIS dei dati, ricostruendo degli scenari di suscettibilità da frana per i tre paesi studiati. È stato creato un archivio delle forme di instabilità gravitativa che ha consentito di ricostruire il quadro della franosità pregressa. Questa informazione ha richiesto la realizzazione di una "cartografia delle

de tendencia a procesos de ladera pasados. Esta información requirió la realización de una "cartografía de los procesos gravitacionales" donde se reportaron las formas asociables a las acciones de procesos de ladera acaecidos en el pasado. El dato relativo a los eventos fue así formalizado y estructurado ya sea en el componente espacial (en formato vectorial) que en el componente geomorfológico (mediante cuadros asociados). Sucesivamente, se realizó una base de datos de factores constituida por la capas estructuradas en formato grid, que describen la distribución espacial sobre toda el área de estudio de variables físico-ambientales que pueden ser puestas en relación con la distribución de los eventos de procesos de ladera. Evidentemente se trata de factores topográficos recabados por un modelo digital de elevación (DEM) y considerados capaces de controlar los procesos gravitacionales: inclinación y exposición de las vertientes, curvatura topográfica, convergencia y divergencia del flujo, índices topográficos de humedad de los suelos, índices de naturaleza geomorfológica, así como factores de naturaleza geológica (litología, posicionamiento, tectonización), hidrológica (precipitaciones), pedología (tipo, textura, espesor y uso del suelo), etc.

Una vez adquirida y estructurada la información relativa al inventario de los procesos de ladera y a los factores, se identificaron las dos unidades morfo-topológicas con las cuales se procede sucesivamente a la modelación estadística: el área diagnóstica y la unidad de mapeo. Por área diagnóstica se entiende (Rotigliano et al., 2011) el área dentro de la cual se podrían "leer" las condiciones de detonación de un proceso de ladera. La unidad de mapeo constituye el elemento (estructura o forma y dimensiones) más pequeño por el cual podemos o nos encaminamos a poder definir un grado de susceptibilidad. Las principales unidades de mapeo usadas hoy en la literatura para el el análisis geo-estadístico son esencialmente de dos tipos: células y unidades topográficas (Guzzetti et al., 1999; Carrara et al., 1995; Rotigliano et al., 2011).

Intersectando las capas de las áreas diagnósticas con las de los factores, se procedió al análisis geo-estadístico que permitió recabar, usando modelos estocásticos que permitieron clasificar las unidades de mapeo en términos de mayor a menor propensión al daño, dependiendo de sus características. Bajo este perfil, la elección de una técnica de regresión comporta siempre la adopción de una serie de apreciaciones (normalización de las variables o balance de la muestra por analizar) que hacen este campo de la estadística aplicada específico e imposible de afrontar en ausencia de una plena comprensión de la morfo-dinámica de los procesos que se busca modelar.

frane" dove sono state riportate le forme associabili all'azione di eventi franosi avvenuti nel passato; il dato relativo agli eventi è stato così formalizzato e strutturato sia nella componente spaziale (in formato vettoriale) sia nella componente geomorfologica (mediante tabelle associate). Successivamente è stato realizzato un archivio dei fattori costituito da layer strutturati in formato grid, che descrivono la distribuzione spaziale su tutta l'area di indagine di variabili fisico-ambientali che possono essere messe in relazione con la distribuzione degli eventi franosi. Tipicamente si tratta di fattori topografici, ricavati da un modello digitale di elevazione (DEM) e ritenuti in grado di controllare i fenomeni franosi: pendenza ed esposizione dei versanti, curvatura topografica, convergenza e divergenza del deflusso, indici topografici di umidità dei suoli, indici di natura geomorfologica; così come di fattori di natura geologica (litologia, giacitura, tettonizzazione), idrologica (precipitazioni), pedologica (tipo, tessitura, spessore ed uso del suolo), etc.

Una volta acquisite e strutturate le informazioni relative all'inventario delle frane ed ai fattori sono state individuate le due unità morfo-topologiche con le quali si procede successivamente alla modellazione statistica: l'area diagnostica e l'unità di mappatura. Per area diagnostica si intende (Rotigliano et al., 2011) quell'area dentro la quale si ritiene di poter "leggere" le condizioni di innesco di un fenomeno franoso. L'unità di mappatura costituisce l'elemento (struttura o forma e dimensioni) più piccolo per il quale siamo in grado o puntiamo a definire un grado di suscettibilità. Le principali unità di mappatura oggi utilizzate in letteratura nell'analisi geo-statistica sono essenzialmente di due tipi: celle e unità topografiche (Guzzetti et al.,1999; Carrara et al. 1995; Rotigliano et al., 2011).

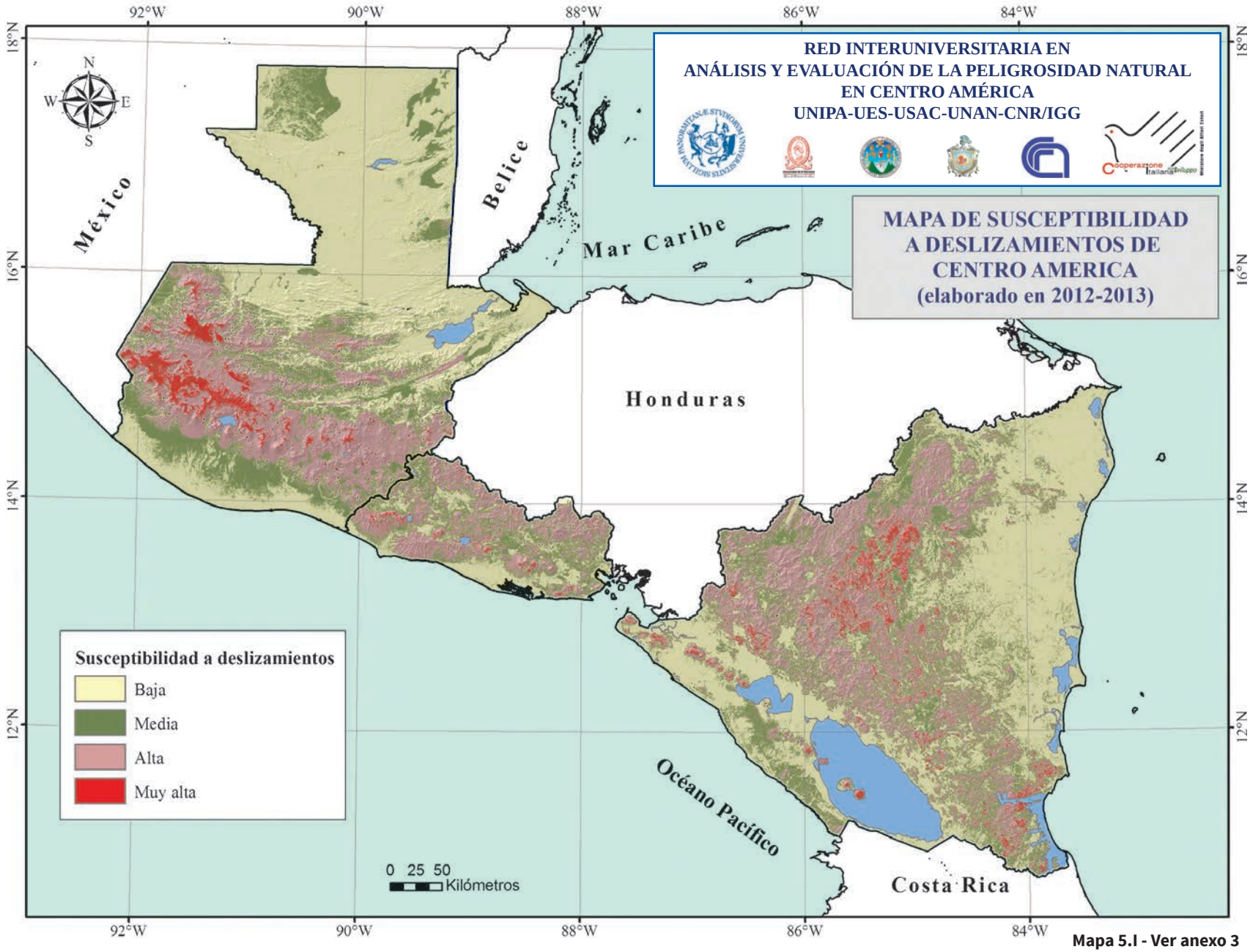
Intersecando i layer delle aree diagnostiche e quelli dei fattori si è proceduto all'analisi geo-statistica, che ha consentito di ricavare, utilizzando modelli stocastici che hanno permesso di classificare le unità di mappatura in termini di maggiore o minore propensione al dissesto, in dipendenza delle loro caratteristiche. Sotto questo profilo, la scelta di una tecnica di regressione comporta sempre l'adozione di una serie di accorgimenti (normalizzazione delle variabili o bilanciamento del campione da analizzare) che rendono questo campo della statistica applicata specifico ed impossibile da affrontare in assenza di una piena comprensione della morfodinamica dei processi che si intende modellare.

Para las áreas de Guatemala, El Salvador y Nicaragua ha sido posible producir una imagen provisional (Mapa 5.I) que ha sido puesta en relación con una distribución de procesos de ladera (diferentes de la usada para "entrenar" al modelo) con el objeto de evaluar el desempeño previsional del modelo mismo.

Del mapa se deduce cómo el territorio guatemalteco (5.II) presenta elevados valores de susceptibilidad a los procesos gravitacionales en el sector centro-meridional, caracterizado por la presencia de vertientes estrechas y muy escarpadas constituidas por afloramientos de naturaleza volcánica; mientras, que en las porciones centro-septentrionales y en una franja restringida de la costa pacífica, la predisposición del territorio al desencadenamiento de procesos de ladera resulta mucho más baja. El territorio de El Salvador (5.III), que se desarrolla como una prolongación del sector antes mencionado, presenta valores de susceptibilidad muy elevados, salvo en porciones restringidas en el sector suroriental. Al contrario, la evaluación de la susceptibilidad a los procesos gravitacionales para el territorio nicaragüense (5.IV) ha puesto en evidencia cómo este sea particularmente expuesto al desencadenamiento de procesos de ladera, principalmente en su sector centro-septentrional.

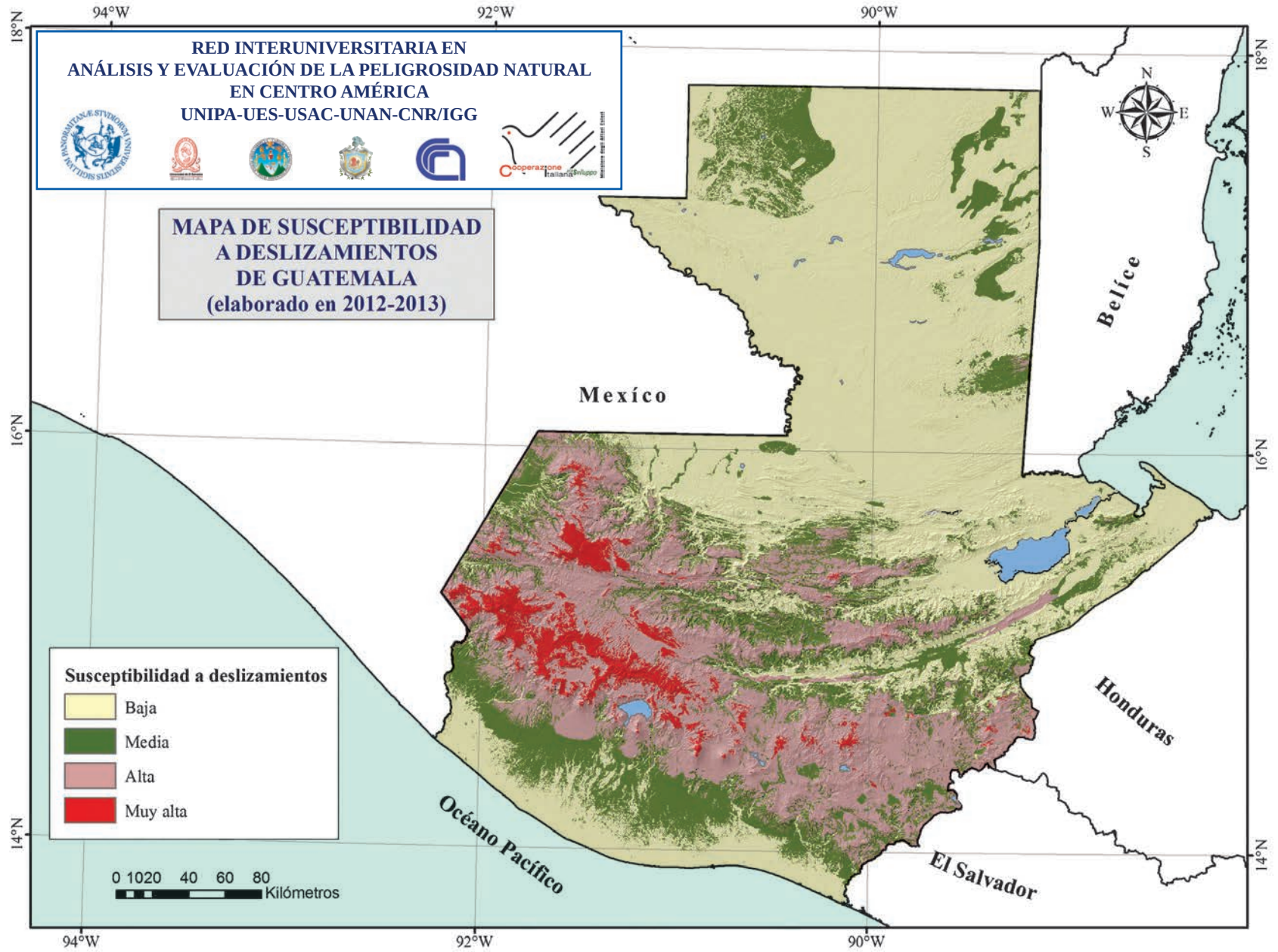
Per le aree del Guatemala, di El Salvador e del Nicaragua è stato così possibile produrre un'immagine previsionale (Carta 5.I) che è stata messa in relazione con una distribuzione di frane (diversa da quella utilizzata per "allenare" il modello) al fine di valutare la performance previsionale del modello stesso.

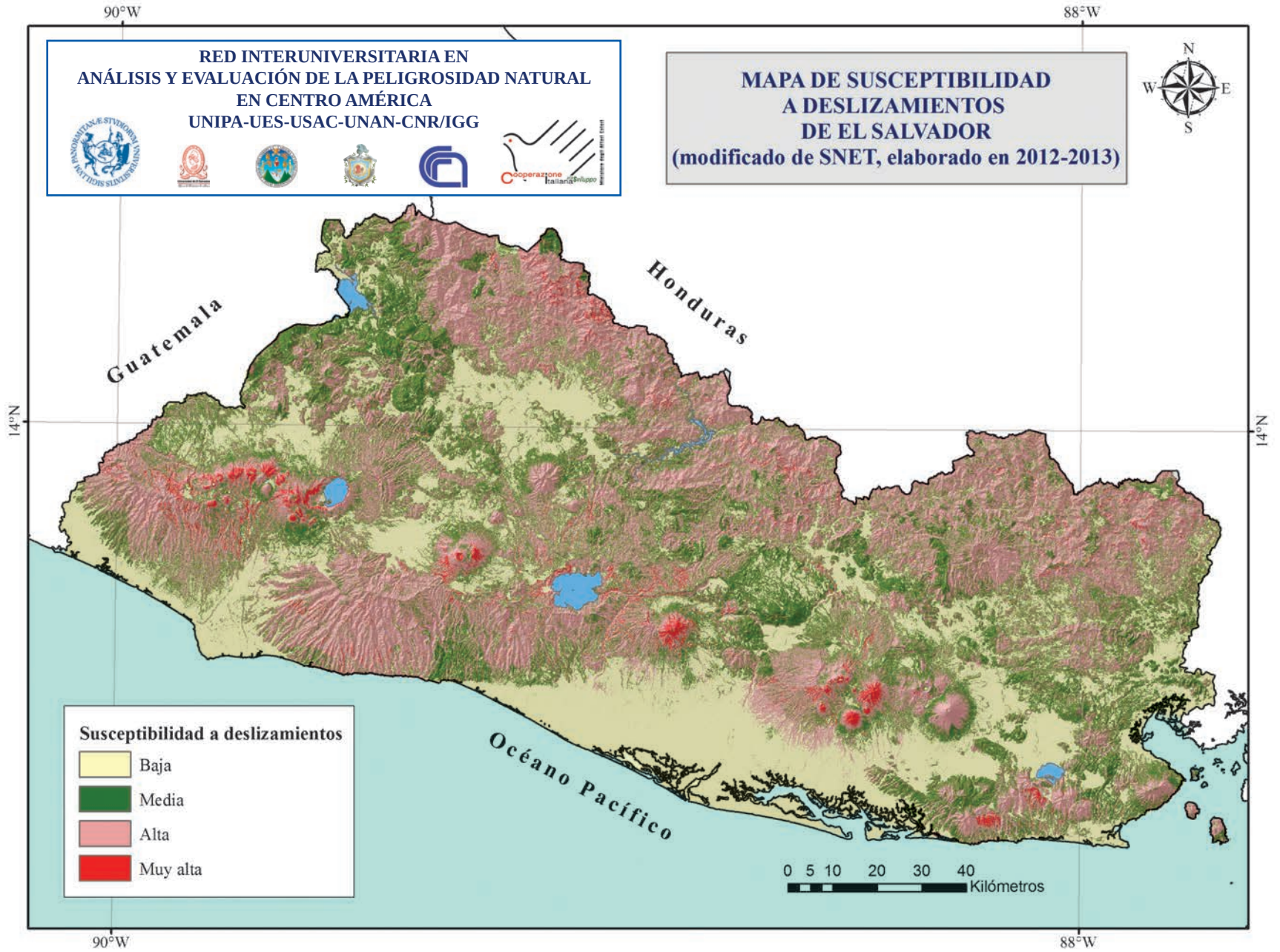
Dalla mappa si evince come il territorio guatemalteco (5.II) presenta elevati valori di suscettibilità da frana nel settore centro-meridionale, caratterizzato dalla presenza di versanti stretti e molto ripidi costituiti da affioramenti prevalentemente di natura vulcanica; mentre, nelle porzioni centro-settentrionali e in una fascia ristretta della costa pacifica la predisposizione del territorio all'innesco di fenomeni franosi risulta molto più bassa. Il territorio di El Salvador (5.III), che si sviluppa come un prolungamento dal settore sopradetto presenta valori di suscettibilità molto elevati fatte salve ristrette porzioni nel settore sud-orientale. Al contrario, la valutazione della suscettibilità da frana per il territorio nicaraguense (5.IV) ha messo in evidenza come questo sia particolarmente esposto all'innesco di fenomeni franosi, principalmente, nel suo settore centro-settentrionale.



Mapa 5.I - Ver anexo 3

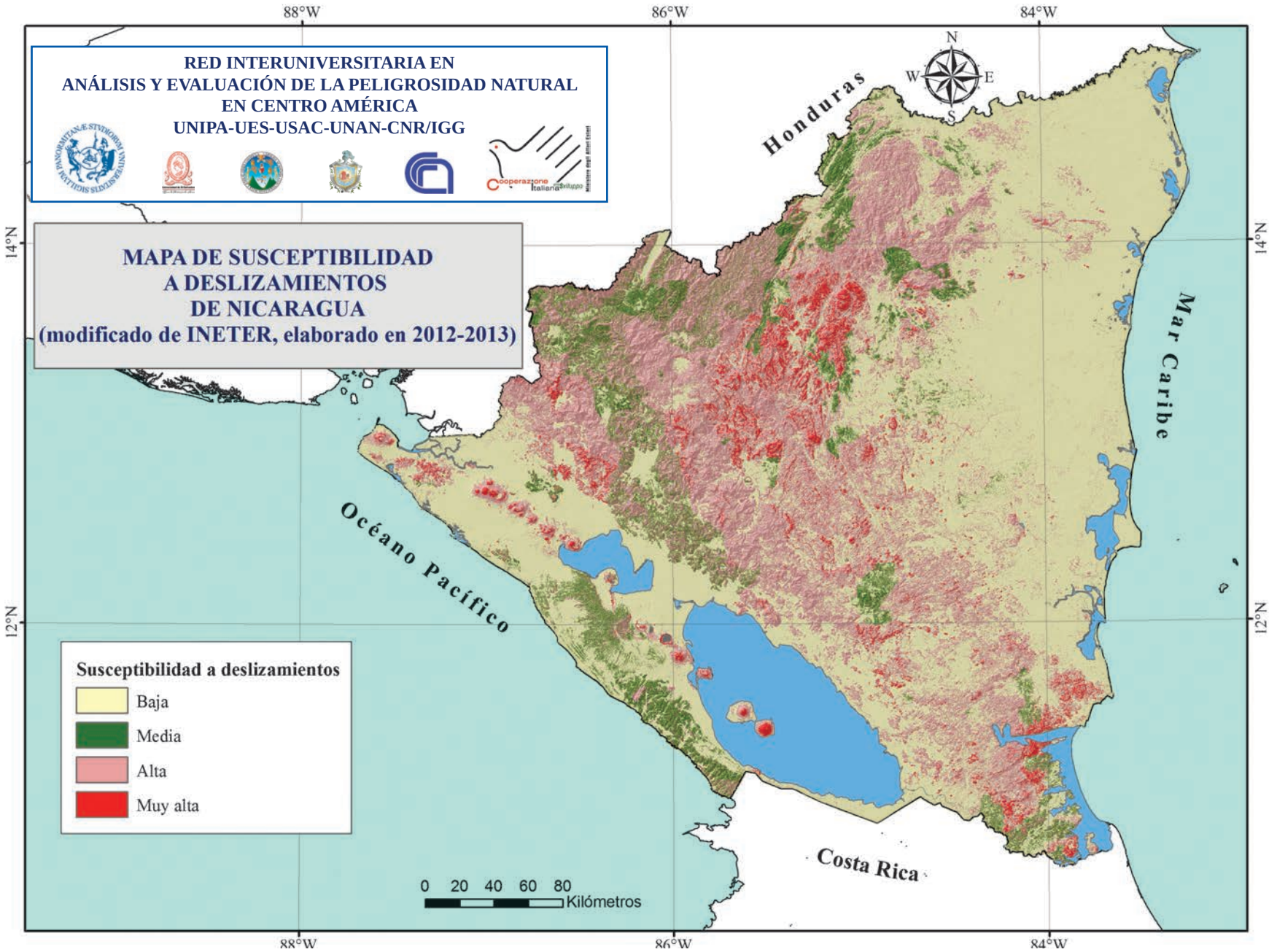
Mapa 5.II


RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD
A DESLIZAMIENTOS
DE GUATEMALA
(elaborado en 2012-2013)
Susceptibilidad a deslizamientos
Baja
Media
Alta
Muy alta
0 1020 40 60 80
Kilómetros
Mexíco
Belice
Honduras
El Salvador
Océano Pacífico
94°W
92°W
90°W
18°N
16°N
14°N
N
S
W
E


RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD
A DESLIZAMIENTOS
DE EL SALVADOR
(modificado de SNET, elaborado en 2012-2013)
90°W
88°W
14°N
N
W
E
S
Guatemala
Honduras
Océano Pacífico
Susceptibilidad a deslizamientos
Baja
Media
Alta
Muy alta
0 5 10 20 30 40
Kilómetros

Mapa 5.III

Mapa 5.IV


RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG
MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD
A DESLIZAMIENTOS
DE NICARAGUA
(modificado de INETER, elaborado en 2012-2013)
Susceptibilidad a deslizamientos
Baja
Media
Alta
Muy alta
Honduras
Océano Pacífico
Mar Caribe
Costa Rica
0 20 40 60 80
Kilómetros
88°W
86°W
84°W
14°N
12°N
N
S
W
E

5.5

La peligrosidad hidrogeológica asociada a los terremotos

La pericolosità idrogeologica associata ai terremoti

El 13 de enero de 2001, a las 17:33 horas (UTC), el territorio salvadoreño fue golpeado por un terremoto de magnitud 7.7 en la escala de Richter, con epicentro en la costa pacífica y profundidad hipocentral de 57 km. La sacudida tuvo una duración de más de cuarenta segundos y fue seguida por millares de réplicas, la más intensa de las cuales, el 15 de enero, alcanzó una magnitud de 5.7. A un mes exacto de distancia, el 13 de febrero de 2001 a las 14:22 horas (UTC), un nuevo terremoto, de menor magnitud (M 6.6) pero con epicentro localizado a solo 30 km de San Salvador y profundidad hipocentral de solo 10 km, golpeó al país (Fig. 5.18).

Los dos eventos sísmicos produjeron en total 1,259 muertos y poco menos de 10,000 heridos, de hecho poniendo de rodillas a todo el país, generando daños por cerca de un millardo y medio de dólares.

Entre los efectos de superficie causados por el terremoto, los más evidentes, consistieron en el desencadenamiento de millares de procesos de ladera que afectaron prácticamente toda la dorsal de la Cordillera del Bálsamo. Uno de estos, en particular, fue el responsable de la muerte de poco menos de 600 personas en el centro de San Tecla. Desde el momento en que las características geomorfológicas (litologías emergentes y equilibrio morfológico) y de sismicidad del área centroamericana son bastante homogéneas, el evento de 2001 en El Salvador constituye ciertamente un caso representativo de las que son las condiciones de peligrosidad de procesos gravitacionales por sismo-inducción.

El cuadro de los eventos desencadenados luego del terremoto de 2001 se presenta diferente del producido por las perturbaciones ciclónicas. De hecho, los eventos se concentran casi exclusivamente (Fig. 5.18) sobre aquellas vertientes situadas dentro del área próxima al epicentro y, por tanto, los departamentos cercanos a la línea costera y el sector de la Cordillera Costera, en particular en el sector central. Las tipologías de movimiento de los procesos gravitacionales desatados son de tipo deslizamiento de tierra y coladas, sin que

Il 13 gennaio del 2001 alle 17.33 (UTC) il territorio salvadoregno è stato colpito da un terremoto di magnitudo 7.7 della scala Richter, con epicentro al largo della costa pacifica e profondità ipocentrale di 57 km. La scossa ebbe durata di più di quaranta secondi e fu succeduta da migliaia di repliche, la più intensa delle quali il 15 gennaio raggiunse una magnitudo di 5.7. Ad un mese esatto di distanza, il 13 febbraio del 2001 alle 14.22 (UTC) un nuovo terremoto, di minore magnitudo (M 6.6) ma con epicentro localizzato a soli 30km da San Salvador e profondità ipocentrale di soli 10km, colpì il paese (Fig. 5.18).

I due eventi sismici hanno prodotto in totale 1.259 morti e poco meno di 10.000 feriti, di fatto mettendo in ginocchio l'intero paese, determinando danni per circa un miliardo e mezzo di dollari.

Tra gli effetti di superficie causati dal terremoto i più evidenti consistettero nella attivazione di migliaia di frane che interessarono praticamente tutta la dorsale della Cordillera del Balsamo. Una di queste, in particolare, fu responsabile della morte di poco meno di 600 persone nel centro di Santa Tecla. Dal momento che le caratteristiche geomorfologiche (litologie affioranti ed assetto morfologico) e di sismicità dell'area centroamericana sono abbastanza omogenee, l'evento del 2001 in El Salvador costituisce certamente un caso rappresentativo di quelle che sono le condizioni di pericolosità da frana per sismoinduzione.

Il quadro degli eventi attivatisi in seguito al terremoto del 2001 si presenta diverso da quello prodotto dalle perturbazioni cicloniche. Infatti gli eventi si concentrano quasi esclusivamente (Fig. 5.18) su quei versanti posti all'interno dell'area prossima all'epicentro e dunque, i dipartimenti prossimi alla linea di costa ed al settore della Cordillera Costiera, in particolare nel settore centrale. Le tipologie di movimento delle frane attivatesi sono di tipo scorrimento e colamento, senza che vi siano state evoluzioni a debris flow, dal momento che il contenuto in acqua al momento

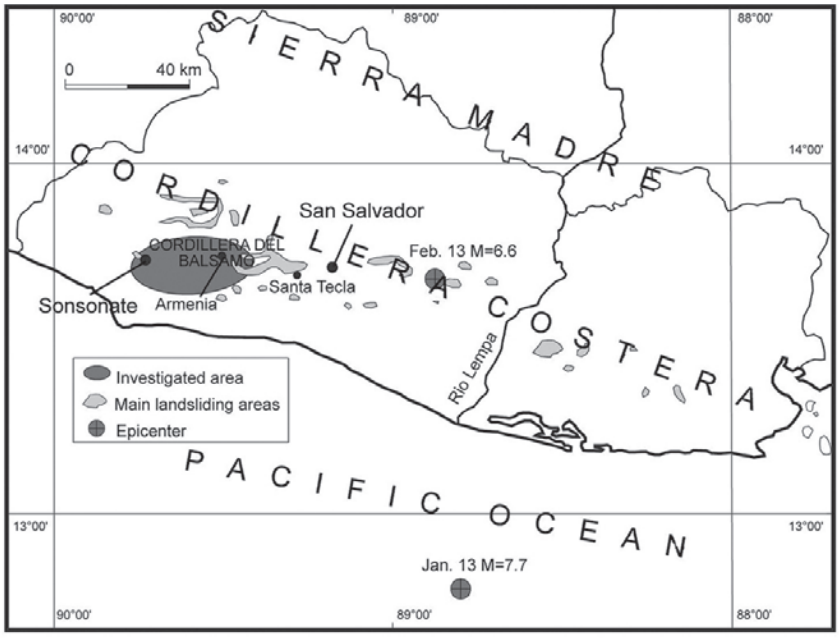


Fig. 5.18 – Epicentros de los terremotos de 2001 en El Salvador y distribución de las áreas afectadas por procesos gravitacionales – (fuente: Agnesi et alii, 2002b).

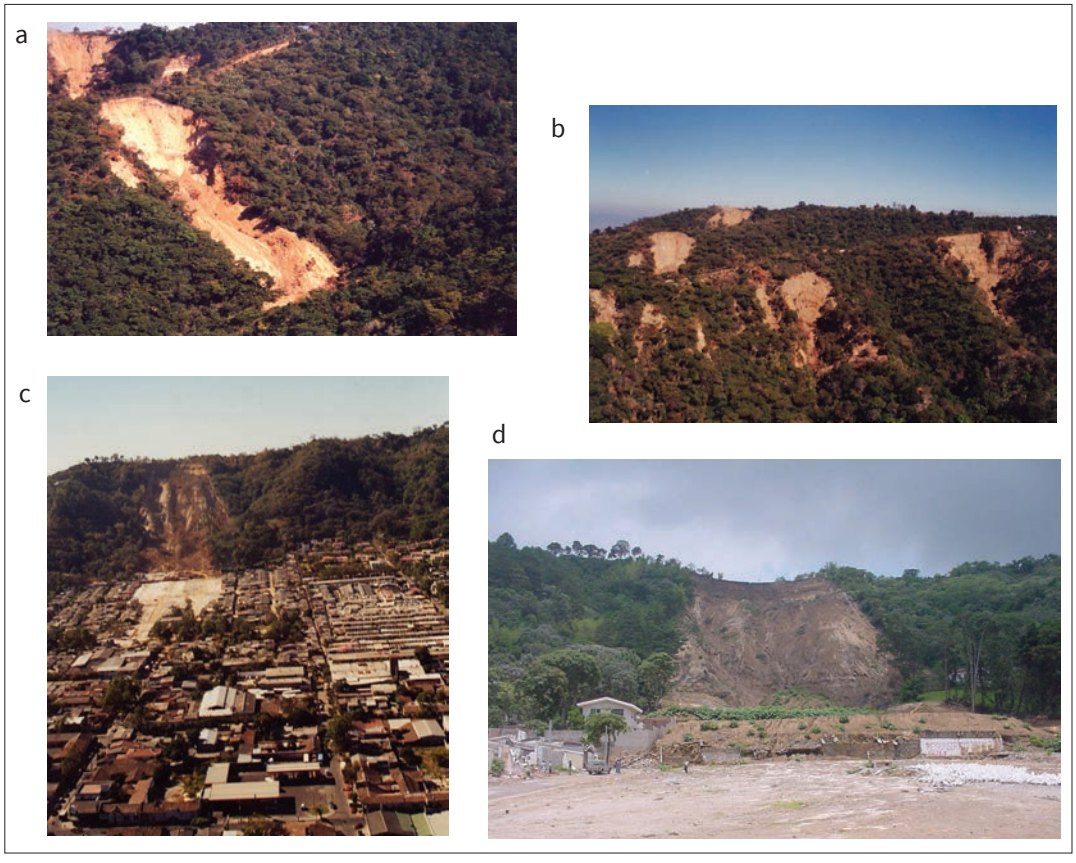


Fig. 5.19 – Procesos gravitacionales inducidos por el terremoto de 2001 en El Salvador: a, b) Cordillera del Bálsamo; c, d) proceso de ladera de Las Colinas en Santa Tecla.

hubiese habido evoluciones a debrisflow, dado que el contenido de agua al momento del inicio del fenómeno no era suficiente para producir procesos de canalización y flujo rápido (Fig. 5.19).

En particular, un estudio conducido en el Departamento de Sonsonate, donde como consecuencia de los eventos sísmicos de enero-febrero 2001 se dieron más de 50 procesos gravitacionales (Agnesi et al, 2002a,b), ha conducido a la elaboración de un modelo de riesgo a través de la definición de una escala de clases de riesgo (de nulo a muy elevado) basada partiendo de la identificación de los elementos morfológicos asociados a situaciones de inestabilidad y atribuyéndoles una clase de riesgo en relación con el contexto territorial y con el factor de vulnerabilidad. Fue posible en tal modo llegar a la edición expedita de mapas de riesgo (Fig. 5.20).

dell'attivazione non è sufficiente ad innescare processi di canalizzazione e flusso rapido (Fig. 5.19).

In particolare, uno studio condotto nel Dipartimento di Sonsonate, ove a seguito degli eventi sismici del gennaio-febbraio 2001 si erano verificate oltre 50 fenomeni franosi (Agnesi et al, 2002a,b), ha portato alla elaborazione di un modello di rischio attraverso la definizione di una scala di classi di rischio (da nullo ad molto elevato) basata partendo dalla individuazione degli elementi morfologici riconducibili a situazioni di instabilità ed attribuendo loro una classe di rischio in relazione al contesto territoriale ed al fattore di vulnerabilità. È stato possibile in tal modo giungere alla redazione speditiva di carte del rischio (Fig. 5.20).

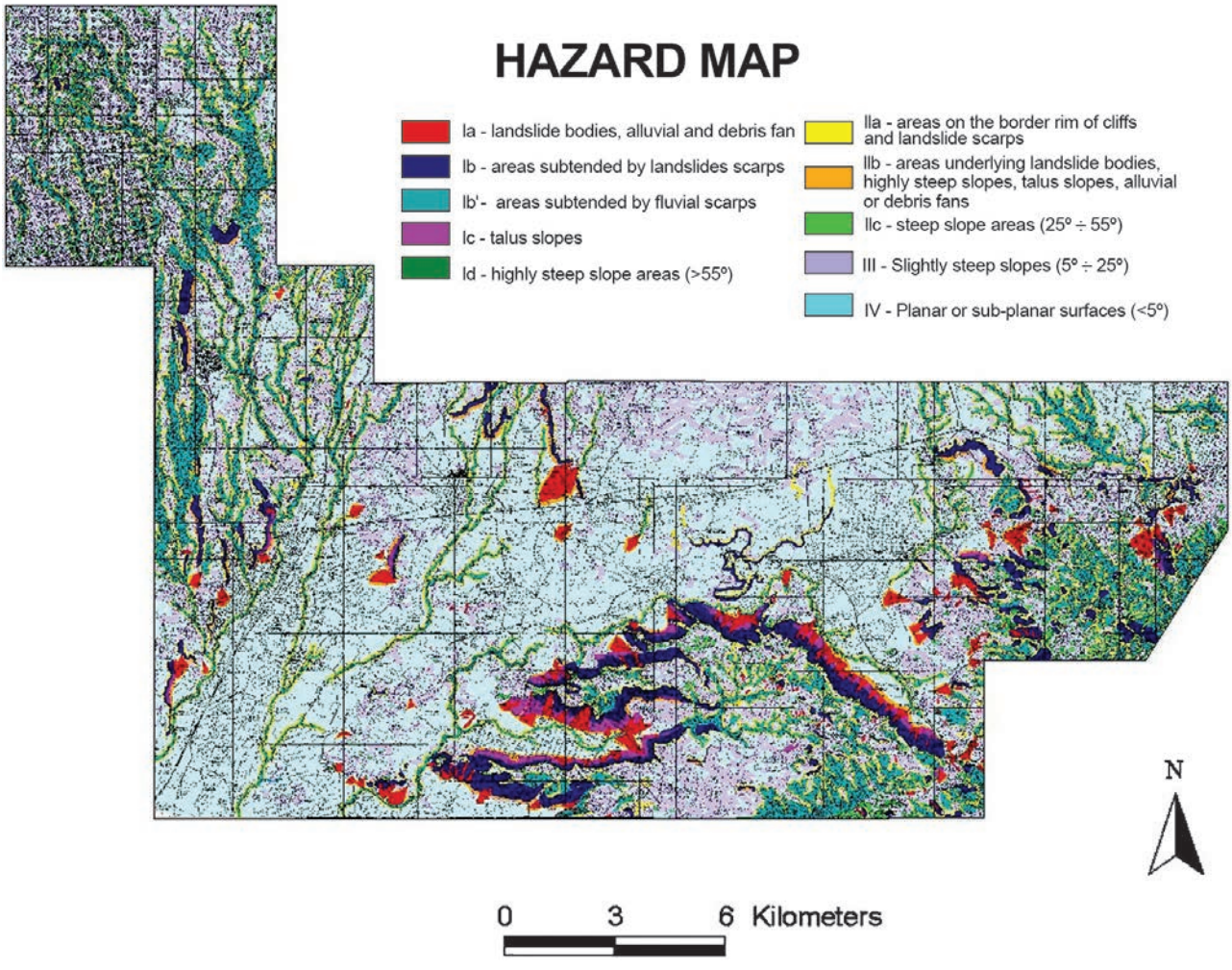


Fig. 5.20 – Mapa de la peligrosidad por procesos gravitaciones para un sector del Departamento de Sonsonate – (Agnesi et alii, 2002a).

Un análisis sistemático de la historia de los procesos de ladera por sismo-inducción fue realizado por Bommer & Rodríguez (2002), los cuales aprovecharon un catálogo muy rico de eventos históricos, para realizar los mapas de todos los países centroamericanos. En las figuras 5.21, 5.22, y 5.23 se muestran los mapas de El Salvador, Guatemala y Nicaragua, respectivamente.

Una analisi sistematica della franosità storica per sismoinduzione è stata realizzata da Bommer& Rodríguez (2002), i quali hanno sfruttato un catalogo molto ricco di eventi storici, per realizzare le mappe di tutti i paesi centroamericani. Nelle figure 5.21, 5.22 e 5.23 si mostrano le carte di El Salvador, Guatemala e Nicaragua, rispettivamente.

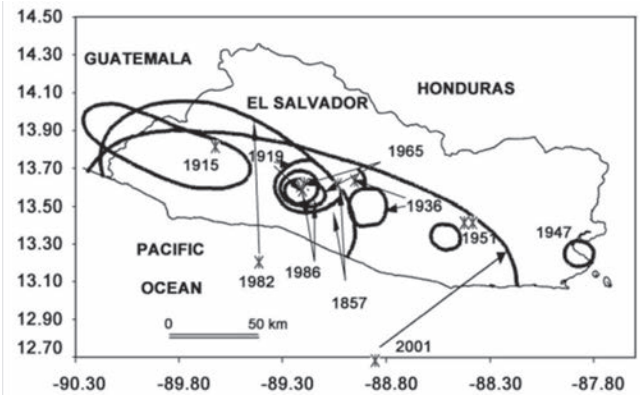


Fig. 5.21 – Cuadro histórico de los epicentros y de las zonas de activación de procesos gravitacionales en El Salvador – (Bommer & Rodríguez, 2002).

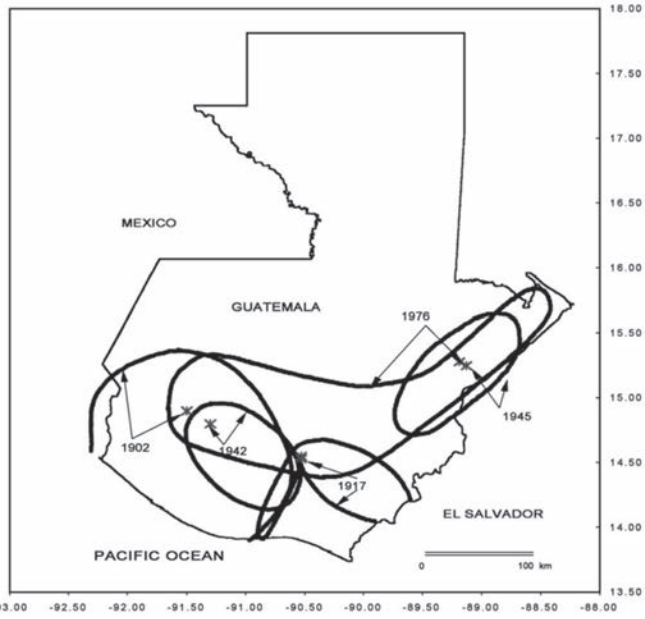


Fig. 5.22 – Cuadro histórico de los epicentros y de las zonas de activación de procesos gravitacionales en Guatemala – (Bommer & Rodríguez, 2002).

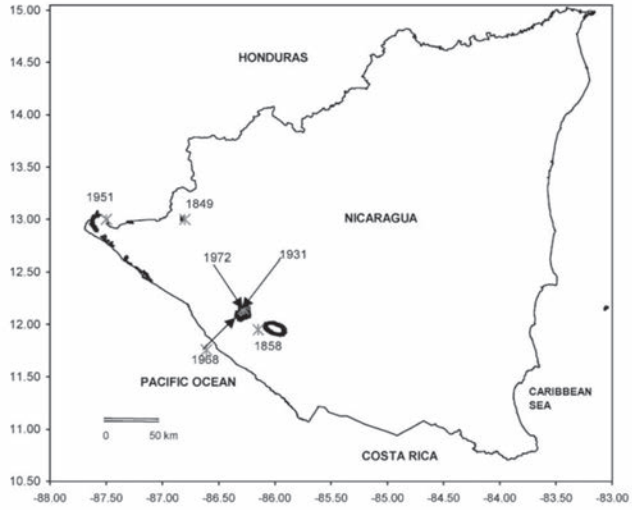


Fig. 5.23 – Cuadro histórico de los epicentros y de las zonas de activación de procesos gravitacionales en Nicaragua – (Bommer & Rodríguez, 2002).

5.6

La mitigación del riesgo hidrogeológico en Centroamérica

La mitigazione del rischio idrogeologico in Centro America

La posibilidad de disminuir o bien mitigar el nivel de riesgo en un área está ligada a la capacidad de intervenir sobre sus componentes. De hecho, es posible implementar procedimientos de disminución de la peligrosidad geohidrológica, materialmente determinando una disminución en los tiempos de reacción o bien impidiendo la activación de los fenómenos o de la magnitud de los mismos, reduciendo las dimensiones de los volúmenes de rocas (procesos gravitacionales) o de agua (crecidas) transportados o la velocidad de propagación de los mismos. En este caso, se interviene, por tanto, sobre el factor de peligrosidad. Una solución alternativa es, en cambio, la de disminuir la vulnerabilidad territorial, incrementando la resistencia mecánica de las estructuras expuestas a la amenaza, o bien, disminuyendo el valor de los bienes expuestos.

Las acciones de reducción de la peligrosidad (acciones de ordenamiento de las cuencas y de las vertientes) requieren normalmente la realización de obras de geología técnica e ingeniería civil, implicando usualmente costos elevados y un nivel alto de impacto ambiental. Se debería recurrir a este tipo de acciones solo en el caso de condiciones de riesgo elevado y ante la imposibilidad de reconfigurar la distribución de la vulnerabilidad territorial.

Las acciones que se orientan a la reducción de la vulnerabilidad aprovechan una visión previsoria de las condiciones de peligrosidad para establecer o redefinir los planes de uso del territorio en armonía con el sistema de las vertientes y de las cuencas. Se trata de las acciones de planificación territorial las cuales comportan inversiones mucho menores, las mayoría de las veces con el objeto de enriquecer el know-how relativo a la temática del riesgo geohidrológico de todas las figuras técnicas involucradas en la definición de un plan de uso del territorio: geólogos, ingenieros, arquitectos, agrónomos, etc. Allí donde, en cambio, se busca la reducción de la vulnerabilidad por medio del reforzamiento de las estructuras ingenieriles expuestas a la amenaza, se está en el campo de las obras de alto impacto y costo económico. También en este caso se recurre a esta solución solo ante la imposibilidad de disminuir el riesgo a través de una reprogramación del uso del territorio.

La possibilità di diminuire ovvero mitigare il livello di rischio in un'area è legata alla capacità di intervenire sulle sue componenti. È infatti possibile attivare procedure di diminuzione della pericolosità geo-idrologica, materialmente determinando una diminuzione dei tempi di ritorno, ovvero impedendo l'attivazione dei fenomeni, o della magnitudo dei fenomeni, riducendo le dimensioni dei volumi di roccia (frane) o acqua (piene) mobilizzabili o le velocità di propagazione degli stessi. In questo caso si interviene dunque sul fattore pericolosità. Una soluzione alternativa è invece quella di diminuire la vulnerabilità territoriale, incrementando la resistenza meccanica delle strutture esposte alla minaccia, oppure diminuendo il valore dei beni esposti.

Gli interventi di riduzione della pericolosità (interventi di sistemazione dei bacini e dei versanti) richiedono normalmente la realizzazione di opere di geologia tecnica ed ingegneria civile, comportando di norma costi elevati ed un livello elevato di impatto ambientale. Si dovrebbe ricorrere a questa tipologia di intervento solo nel caso di condizioni di rischio elevato e nell'impossibilità di riconfigurare la distribuzione della vulnerabilità territoriale.

Gli interventi che mirano alla riduzione della vulnerabilità sfruttano una visione avvertita delle condizioni di pericolosità per progettare o ridefinire i piani di utilizzo del territorio in armonia con il sistema dei versanti e dei bacini. Si tratta degli interventi di pianificazione territoriale i quali comportano investimenti molto minori, per lo più mirati all'accrescimento del know-how relativamente alle tematiche del rischio geo-idrologico di tutte le figure tecniche coinvolte nella definizione di un piano di utilizzo del territorio: geologi, ingegneri, architetti, agronomi. Laddove invece si perviene alla riduzione della vulnerabilità attraverso il rafforzamento delle strutture ingegneristiche esposte alla minaccia, si rientra nel campo delle opere di alto impatto e costo economico; anche in questo caso, si ricorre a questa soluzione solo nell'impossibilità di diminuire il rischio attraverso una riprogrammazione dell'uso del territorio.

Existen naturalmente condiciones para las cuales resulta imposible eliminar el riesgo por debajo de un umbral aceptable: cuando la extensión de las áreas expuestas a la amenaza es comparable con la del área completa disponible al uso del hombre. Sucede esto cuando las condiciones responsables de la presencia de una amenaza geohidrológica se encuentran generalizadas en una región completa. En muchos casos, por otro lado, las condiciones de peligrosidad son de tipo no permanente pero asociadas a la ocurrencia inmediata de la causa desencadenante (durante un evento extremo). En estos casos es posible recurrir a un sistema de monitoreo y alerta, que permita, con márgenes de precisión suficientes, prever la inminencia del inicio de un evento y, por tanto, activar un sistema o plan de protección civil (evacuación de la población expuesta a la amenaza en centros de acogida provisionales, según los protocolos que permitan minimizar los costos y los riesgos aparejados a las mismas evacuaciones).

Se verá a continuación cómo, en la realidad, a causa de los márgenes de incertidumbre asociados con la determinación de las condiciones de peligrosidad y riesgo en un área, normalmente los tres tipos de intervención (ordenamiento, planificación y monitoreo) son frecuentemente adoptados contextualmente en forma integrada. De todos modos, en la base de cualquier intervención de mitigación del riesgo está la adquisición del conocimiento de los fenómenos tratados y la capacidad de valorar correctamente las condiciones de peligrosidad asociadas.

5.6.1 El ordenamiento de las vertientes y de los cursos de agua

Las intervenciones de ordenamiento de las cuencas tienen por objeto injerir en la dinámica de interconexión entre los dos sistemas morfológicos (vertientes y curso de agua), disminuyendo la magnitud o la probabilidad de ocurrencia de los fenómenos de inestabilidad dentificados y clasificados como potencialmente activables dentro de una porción de una cuenca. Para alcanzar este objetivo, una vez reconocido el fenómeno potencialmente peligroso, es necesario identificar sus factores de control: los permanentes, dependientes de las características de estabilidad o equilibrio geológico, geomorfológico e hidrológico del área (factores predisponentes) y los desencadenantes, dependientes de la activación ocasional de una ulterior e intensa fuerza externa sobre el sistema (factores desencadenantes), típicamente

Esistono naturalmente condizioni per le quali risulta impossibile abbattere il rischio al di sotto di una soglia accettabile: quando l'estensione delle aree esposte alla minaccia è paragonabile con quella dell'intera area disponibile all'utilizzo dell'uomo. Avviene questo quando le condizioni responsabili della presenza di una minaccia geo-idrologica sono generalizzate ad un'intera regione. In molti casi, peraltro, le condizioni di pericolosità sono di tipo non permanente, ma associate all'immediato perdurare della causa di innesco (durante un evento estremo). In questi casi è possibile ricorrere ad un sistema di monitoraggio ed allerta, che consenta, con margini di precisione sufficienti, di prevedere l'imminenza di un'attivazione e, dunque, di attivare un sistema o piano di protezione civile (evacuazione della popolazione esposta alla minaccia in strutture d'accoglienza provvisorie, secondo protocolli che consentano di minimizzare i costi ed i rischi connessi con le stesse evacuazioni).

Si vedrà nel seguito come, nella realtà, a causa dei margini di incertezza associati con la determinazione delle condizioni di pericolosità e rischio in un'area, di norma i tre tipi di intervento (sistemazione, pianificazione e monitoraggio) vengano frequentemente adottati contestualmente in forma integrata. In ogni caso, a monte di qualsiasi tipo di intervento di mitigazione del rischio sta l'acquisizione della conoscenza dei fenomeni trattati e la capacità di valutarne correttamente le condizioni di pericolosità e rischio associate.

5.6.1 Gli interventi di sistemazione dei versanti e dei corsi d'acqua

Gli interventi di sistemazione dei bacini mirano ad intervenire sulla dinamica interconnessa dei due sistemi morfologici (versanti e corsi d'acqua), diminuendo la magnitudo o la probabilità di accadimento dei fenomeni di dissesto individuati e classificati come potenzialmente attivabili all'interno di una porzione di bacino. Per raggiungere questo scopo, una volta riconosciuto il fenomeno potenzialmente pericoloso, è necessario individuare i suoi fattori di controllo: quelli permanenti, dipendenti dalle caratteristiche di assetto geologico, geomorfologico ed idrologico dell'area (fattori predisponenti) e quelli di innesco, dipendenti dall'occasionale attivazione di una ulteriore ed intensa forzante esterna sul sistema (fattori scatenanti),

correspondientes al darse un sismo, una erupción o un evento meteorológico extremo. El fin es, por tanto, el de intervenir modificando el equilibrio local (geomorfológico e hidrológico) de forma que se minimicen los efectos desestabilizantes inducidos por las fuentes externas del daño (las cuales no pueden ciertamente ser controladas). Se trata, luego, de modificar la susceptibilidad del sitio a las fuerzas externas.

En el caso de las intervenciones de ordenamiento de las vertientes, existen diferentes tipos de abordaje del tema, según la tipología específica de proceso gravitacional considerada. En todo caso, las acciones pueden ser consideradas en dos tipos principales: intervenciones de incremento de la resistencia a los esfuerzos del volumen de roca o suelo potencialmente transportable (en particular a lo largo de las superficies de potencial ruptura); intervenciones orientadas a minimizar los efectos de los agentes naturales responsables de la posible disminución de la resistencia a los esfuerzos (limitar o impedir la interacción entre roca o suelo y agua subterránea; atenuar el trabajo mecánico asociado a la erosión hídrica sobre las vertientes y al pie de las mismas, por obra del agua de escorrentía). Entre las primeras obras se cuenta las consistentes en la realización de reforzamiento al pie de las vertientes inestables (remachado, arneses tirantes, gaviones, muros de contención, apilamientos, pozos de apuntalamiento); a la segunda categoría pertenecen las obras de control y desvío de las aguas superficiales (drenajes superficiales), de interceptación y extracción del agua hipodérmica y profunda (trincheras, pozos y túneles de drenaje) y todas las llamadas obras de reducción de la erosión (ordenamiento hidráulico-forestal, ordenamiento de los torrentes con bridas o riendas). Un tercer tipo de obras de intervención comprenden las denominadas obras pasivas. Estas se adoptan frente a fenómenos de rápida propagación: derrumbes y colada de detritos. Para este tipo de fenómeno se adoptan obras consistentes en la realización de barreras capaces de soportar o disminuir significativamente la velocidad de propagación del volumen de roca o suelo, de hecho volviendo aceptable el impulso mecánico eventualmente ejercido sobre estructuras colocadas en zonas más planas.

También en el caso de riesgo hidráulico es posible intervenir según dos enfoques diferentes: el primero apunta a incrementar las secciones de flujo de modo que estas sean capaces de absorber los volúmenes de crecida en proceso. Se trata de realizar márgenes y también de reforzar los ya existentes. En muchos casos, las crecidas se traducen en desbordamientos a causa del fenómeno de las rupturas fluviales, consistentes en el rompimiento

tipicamente corrispondente al verificarsi di un sisma, di un'eruzione o di un evento meteorologico estremo. Lo scopo è dunque quello di intervenire modificando l'assetto locale (geomorfologico ed idrologico), in modo da minimizzare gli effetti destabilizzanti indotti dalle sorgenti esterne di innesco (le quali, non possono certo essere controllate). Si tratta dunque di modificare la suscettibilità di sito alle forzanti esterne.

Nel caso degli interventi di sistemazione dei versanti esistono differenti tipi di approccio secondo la specifica tipologia di fenomeno franoso considerata. In ogni caso gli interventi possono essere ricondotti a due tipologie principali: interventi di incremento della resistenza agli sforzi del volume di roccia o suolo potenzialmente mobilizzabile (in particolare lungo le superfici di potenziale rottura); interventi volti a minimizzare gli effetti degli agenti naturali responsabili della possibile diminuzione della resistenza agli sforzi (limitare o impedire le interazioni tra roccia o suolo ed acqua sotterranea; attenuare il lavoro meccanico associato all'erosione idrica sui versanti ed al piede degli stessi, ad opera delle acqua di ruscellamento). Tra le prime opere rientrano quelle consistenti nella realizzazione di rinforzi al piede dei versanti instabili (chiodature, tirantature, reti paramassi, muri di contenimento, pali e palificate, pozzi di sottomurazione); alla seconda categoria appartengono gli interventi di regimazione e diversione delle acque superficiali (drenaggi superficiali), di intercettazione ed estrazione delle acque ipodermiche e profonde (trincee, pozzi e gallerie drenanti) e tutte le cosiddette opere di riduzione dell'erosione (sistemazioni idraulico-forestali, sistemazioni dei torrenti con briglie). Una terza tipologia di opere di intervento riguarda le cosiddette opere passive. Queste si adottano nei confronti dei fenomeni a rapida propagazione: crolli e debris-flow. Per questo tipo di fenomeni vengono adottate opere consistenti nella realizzazione di barriere in grado di sopportare o abbattere significativamente la velocità di propagazione dei volumi di roccia o suolo, di fatto rendendo accettabile l'impulso meccanico eventualmente esercitato su strutture poste più a valle.

Anche nel caso del rischio idraulico, è possibile intervenire secondo due approcci differenti: il primo mira ad incrementare le sezioni di deflusso di modo che queste siano in grado di ospitare i volumi di piena in progetto. Si tratta di realizzare delle arginature rinforzando anche quelle già esistenti (in molti casi le piene si traducono in esondazioni a causa del fenomeno delle rotte fluviali, consistenti nella

de los márgenes por colapso en general debido al empuje hidrodinámico ejercido sobre las riberas internas por parte de las aguas de flujo. A menudo no es posible incrementar las secciones de flujo en modo significativo. En estos casos se adopta una segunda estrategia que consiste en utilizar áreas inundables capaces de acoger volúmenes de agua significativos. Las crecidas se deben, de hecho, a la velocidad de acumulación, a lo largo de la red fluvial, de los volúmenes de flujo. La realización de elementos capaces de sustraer provisionalmente volúmenes de agua (que son luego devueltos al flujo regular en una fase de menor criticidad hidráulica) pueden permitir volver suficientes, para el flujo de la crecida, las secciones de flujo naturales o de todos modos disponibles. En los tramos montañosos de las cuencas es posible realizar verdaderos diques de contención, los cuales constituyen barreras realizadas en línea con el curso de agua, usando, para recabar volumen, sobre todo la altura. En los tramos más planos, no es posible servirse de la inclinación del curso de agua para desarrollar volumen, por tanto, se realizan obras paralelas al curso de agua, poco profundas y muy extensas, llamadas cuencas de expansión. En los tramos de planicie aluvial es posible también aprovechar cajas de expansión naturales, como las áreas de planicies de inundación.

5.6.2 La planificación territorial

Un enfoque de tipo preventivo de la reducción del riesgo geohidrológico es aquel que se vincula con la correcta planificación y gestión del territorio. De hecho, sobre la base del conocimiento de las condiciones de riesgo es que se posibilita la planificación del uso del territorio que conduzca a una distribución de la vulnerabilidad territorial que se una en modo no amplificativo con la de la peligrosidad geohidrológica. Al mismo tiempo, desde el momento que las actividades humanas son las que constituyen o incrementan las condiciones predisponentes, cuando no desencadenan directamente los fenómenos de inestabilidad, la planificación territorial debe minimizar el posible impacto que las actividades del hombre tienen sobre el sistema de las vertientes y de los cursos de agua.

Por el mismo hecho que las ciencias aplicadas a la evaluación de la peligrosidad y del riesgo geohidrológico son mucho más recientes que los procesos históricos a través de los cuales las comunidades se constituyeron y asentaron en el territorio, es tarea de la planificación

rottura degli argini per collasso in generale dovuto alla spinta idrodinamica esercitata sulle sponde interne dalle acque di deflusso. Spesso non è possibile incrementare le sezioni di deflusso in modo significativo. In questo caso si adotta una seconda strategia, che è quella di utilizzare aree allagabili in grado di ospitare volumi d'acqua significativi. Le piene sono dovute infatti alla velocità di cumulo lungo la rete fluviale dei volumi di deflusso. La realizzazione di elementi in grado di sottrarre provvisoriamente volumi d'acqua (che vengono poi restituiti al regolare deflusso in una fase di minore criticità idraulica) può consentire di rendere sufficienti per il deflusso della piena, le sezioni di deflusso naturali o comunque disponibili. Nei tratti montani dei bacini è possibile realizzare delle vere e proprie dighe di ritenzione, le quali costituiscono sbarramenti realizzati in asse al corso d'acqua, sfruttando per ricavare volume, soprattutto l'altezza. Nei tratti più pianeggianti non è possibile sfruttare l'inclinazione del corso d'acqua per sviluppare volume, dunque si realizzano opere parallele al corso d'acqua, poco profonde e molto estese, dette conche d'espansione. Nei tratti di piana alluvionale è possibile anche sfruttare casse di espansione naturali, quali le aree golenali allagabili.

5.6.2 La pianificazione territoriale

Un approccio di tipo preventivo alla riduzione del rischio geo-idrologico è quello legato alla corretta pianificazione e gestione del territorio. Sulla base della conoscenza delle condizioni di rischio è infatti possibile progettare un uso del territorio che determini una distribuzione della vulnerabilità territoriale che si componga in modo non amplificativo con quella della pericolosità geo-idrologica. Al tempo stesso, dal momento che sovente sono le attività dell'uomo a costituire o incrementare le condizioni predisponenti, quando non direttamente ad innescare i fenomeni di dissesto, la pianificazione territoriale deve minimizzare il possibile impatto che le attività antropiche hanno sul sistema dei versanti e dei corsi d'acqua.

Dal momento che le scienze applicate alla valutazione della pericolosità e del rischio geo-idrologico sono ben più recenti dei processi storici attraverso i quali le comunità si sono costituite ed insediate nel territorio, è compito della pianificazione territoriale anche quello di provvedere, sulla base della mappe di rischio, alla di localizzazione dei beni estremamente vulnerabili dai siti minacciati,

territorial también el impulsar, sobre la base del mapa de riesgo, la relocalización de los bienes extremadamente vulnerables de los sitios amenazados, así como, donde la relocalización resulte imposible, propiciar estudios orientados a la realización de obras de ordenamiento y la instalación de redes de monitoreo y sistemas de alerta.

Las técnicas de planificación y de gestión del territorio son específicas de muchas disciplinas, no obstante, a la base de todas estas está la disponibilidad de instrumentos capaces de representar adecuadamente las condiciones de riesgo, como los mapas de riesgo geohidrológico.

5.6.3 Los sistemas de monitoreo y alerta

Los sistemas de monitoreo están constituidos por redes de instrumentación habilitadas para representar las condiciones de criticidad de una vertiente (por ejemplo, un inclinómetro, un extensómetro o un piezómetro) o de un curso de agua (un detector de altura hidrométrica) o incluso, las condiciones de intensidad de la posible causa desencadenante (típico de una red de estaciones pluviométricas, aunque, en el caso de procesos gravitacionales inducidos por sismos o por erupciones, entran en esta categoría todas las redes de vigilancia sísmica y volcánica).

Un sistema de monitoreo tipo red para el área centroamericana está constituido por el SATCA (Sistema de Alerta Temprana para Centro América), con sede en El Salvador, el cual adquiere y procesa en tiempo real información relativa a las condiciones meteorológicas y, en particular, al reconocimiento y al trazado de eventos meteorológicos extremos), junto a la sismicidad y a la actividad volcánica. El sistema, en colaboración con las instituciones aunque en relación con el tema, se ocupa de efectuar previsiones sobre los fenómenos observados, difundiendo avisos de alerta.

Sobre la base de un modelo del fenómeno esperado es posible establecer umbrales crecientes de atención, a la superación de los cuales se debe entonces corresponder una serie de acciones de respuesta a la crisis, las cuales están, normalmente, contenidas en los planes de protección civil. Al aproximarse un presunto evento peligroso deben, de hecho, iniciarse acciones de protección civil de involucramiento progresivo hasta, en caso de desastre esperado, la evacuación de las poblaciones expuestas a la amenaza.

così come, laddove la delocalizzazione risulti impossibile, di attivare gli studi finalizzati alla realizzazione di opere di sistemazione e l'installazione di reti di monitoraggio e sistemi di allerta.

Le tecniche della pianificazione e della gestione del territorio sono specifiche di molte discipline, tuttavia alla base di tutte queste è la disponibilità di strumenti in grado di rappresentare adeguatamente le condizioni di rischio, quali le mappe del rischio geoidrologico.

5.6.3 Sistemi di monitoraggio ed allerta

I sistemi di monitoraggio sono costituiti da reti di strumentazioni in grado di rappresentare le condizioni di criticità di un versante (per esempio un inclinometro, un estensimetro o un piezometro) o di un corso d'acqua (un rilevatore di altezza idrometrica) o, ancora, le condizioni di intensità della possibile causa scatenante (tipicamente un rete di stazioni pluviometriche, anche se, nel caso di frane indotte da sismi o da eruzioni, rientrano in questa categoria tutte le reti di sorveglianza sismica e vulcanica).

Un sistema di monitoraggio a rete per l'area centro americana è costituito dal SATCA (Sistema de Alerta Temprana para CentroAmérica) con sede in El Salvador, il quale acquisisce e processa in tempo reale informazioni relative alle condizioni meteorologiche, ed in particolare al riconoscimento ed alla tracciatura di eventi meteorologici estremi), insieme alla sismicità ed alla attività vulcanica. Il Sistema in collaborazione con le istituzione governative di settore si occupa di effettuare previsioni sui fenomeni osservati, diramando avvisi di allerta.

Sulla base di un modello del fenomeno atteso è possibile stabilire soglie crescenti di attenzione, al superamento delle quali deve tuttavia corrispondere una serie di azioni di risposta alla crisi, le quali sono di norma contenute all'interno dei piani di protezione civile. All'approssimarsi di un presunto evento pericoloso devono infatti attivarsi azioni di protezione civile di coinvolgimento via via crescente fino, in caso di disastro atteso, all'evacuazione delle popolazioni esposte alla minaccia.

Capítulo 6

AMENAZA POR TSUNAMI

PERICOLOSITÀ DA TSUNAMI

6.1

Origen del fenómeno Tsunami

Origine del fenomeno Tsunami

Por tsunami (vocablo japonés que significa literalmente "ola de puerto") se entiende un movimiento de oleaje anómalo, originado por eventos que causan un desplazamiento repentino de una gran masa de agua, en un océano o en lago grande (Fig. 6.1). Entre estos eventos se cuentan terremotos submarinos, procesos gravitacionales, erupciones volcánicas o explosiones subacuáticas, desprendimientos súbitos de témpanos, impactos meteóricos. A veces pueden desencadenarse tsunamis aún cuando el epicentro del sísmo no se localiza en áreas marinas sino tierra adentro, a pocos kilómetros de la costa, ello sucede generalmente con terremotos de intensidad elevada, capaces de producir ingentes desplazamientos de agua aún a una cierta distancia del mar por la simple propagación de las olas sísmicas de tierra adentro hacia la superficie del agua.

Per tsunami (termine giapponese che significa letteralmente "onda di porto") si intende un moto ondoso anomalo, originato da eventi che causano uno spostamento improvviso di una grande massa d'acqua, in un oceano o in grande lago (Fig. 6.1). Tra questi eventi si annoverano terremoti sottomarini, frane, eruzioni vulcaniche o esplosioni sottomarine, distacchi improvvisi di ghiacci, impatti meteoritici. A volte possono innescarsi tsunami anche se l'epicentro del sisma non è localizzato in aree marine bensì nell'entroterra a pochi chilometri dalla costa: generalmente ciò avviene con terremoti di intensità elevata, in grado di produrre grandi spostamenti d'acqua anche ad una certa distanza dal mare per semplice propagazione delle onde sismiche dall'entroterra verso la superficie d'acqua.

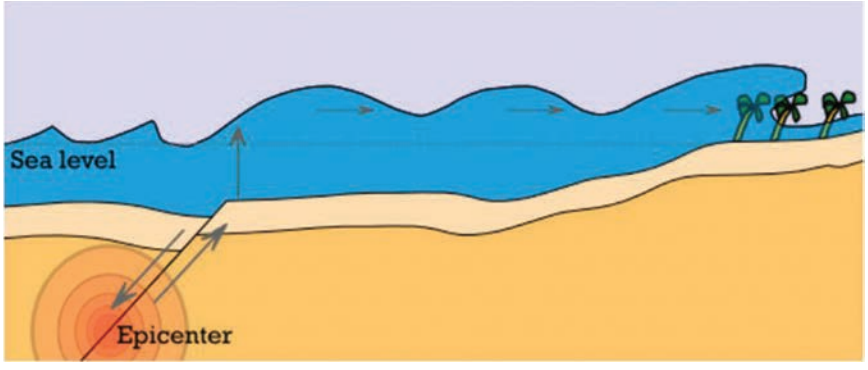


Fig. 6.1. Mecanismo de formación de un tsunami

La ola de tsunami se forma cuando la masa de agua, prácticamente incompresible, golpeada por la perturbación, tiende a retornar hacia la posición inicial de equilibrio por efecto de la fuerza de gravedad. La ola permanece poco intensa y poco visible en mar abierto donde se genera (una embarcación en mar abierto puede no advertir el paso de la ola anómala) y concentra su fuerza en la zona próxima a la costa, donde se eleva y se vierte tierra adentro.

L'onda di tsunami si forma quando la massa d'acqua, praticamente incompressibile, investita dalla perturbazione, tende a ritornare verso l'iniziale posizione di equilibrio per effetto della forza di gravità. L'onda rimane poco intensa e poco visibile in mare aperto dove si genera (un'imbarcazione in mare aperto può non rilevare il passaggio dell'onda anomala), e concentra la sua forza in prossimità della costa, dove si solleva e si riversa nell'entroterra.

Es, por tanto, la fuerza de gravedad la que da efectivamente origen a la ola (la cual es llamada propiamente "gravitational wave"). Luego, el tsunami puede ser definido como un fenómeno originado por

E' dunque la forza di gravità che dà effettivamente origine all'onda (che talora è detta appunto "gravitational wave"). Quindi lo tsunami può essere definito come un fenomeno originato da un'alternanza tra le forme di energia cinetica

una alternancia entre las formas de energía cinética y potencial gravitacional. Es evidente cómo el valor del tsunami está estrechamente correlacionado con la profundidad del mar en el cual se genera: mientras más grande es el espesor del estrato de agua próximo a la fuente, mayor será la masa de agua desplazada del equilibrio y, por tanto, mayor será también la amplitud máxima de la ola.

Las olas de tsunami, a diferencia de las olas generadas por el viento, no son olas rompientes, más bien son comparables a mareas rápidas, o sea, localizados y veloces levantamientos del nivel del mar con períodos que van de minutos a horas y que involucran toda la masa de agua presente desde el fondo hasta la superficie libre del mar, de longitud variable desde algún centenar de metros hasta varios kilómetros. Mientras en las olas marinas comunes solo el volumen del agua de los estratos superficiales es movido directamente por el viento (hasta una profundidad equivalente a la mitad de la longitud de onda), en el tsunami el fenómeno de la onda involucra toda la columna de agua, desde el fondo hasta la superficie.

De allí deriva que el volumen de agua afectado por el desplazamiento es verdaderamente imponente, por el orden de varios millones de metros cúbicos por kilómetro de territorio inundado.

Otros parámetros físicos que caracterizan las olas de tsunami (Fig. 6.2) son la amplitud mas bien modesta (altitud de onda) y la elevada velocidad con la cual se propagan en mar abierto (hasta 500-1000 km/h). El período es de algunas decenas de minutos. Otra característica es el frente de la ola el cual se presenta esférico (Fig. 6.3), al contrario de las olas normales provocadas por el viento que tienen un frente plano. Además, la ola de tsunami es una ola solitaria y no forma, normalmente, trenes de onda de un cierto valor.

e potenziale gravitazionale. E' evidente come l'entità dello tsunami sia strettamente correlata alla profondità del mare in cui viene generato: tanto più grande è lo spessore dello strato d'acqua in prossimità della sorgente, tanto maggiore sarà la massa d'acqua spostata dall'equilibrio e, quindi, tanto maggiore sarà l'ampiezza massima dell'onda.

Le onde di tsunami, a differenza delle onde generate dal vento, non sono onde frangenti ma piuttosto sono paragonabili a rapide maree, ossia locali e rapidi innalzamenti del livello del mare, con periodi che vanno dai minuti alle ore, che coinvolgono tutta la massa d'acqua presente dal fondo fino alla superficie libera del mare, di lunghezza variabile da alcune centinaia di metri fino a diversi chilometri. Mentre nelle comuni onde marine solo il volume d'acqua degli strati superficiali è direttamente mosso dal vento (fino a una profondità pari alla metà della lunghezza d'onda), nello tsunami il fenomeno dell'onda coinvolge l'intera colonna d'acqua, dal fondale alla superficie.

Ne deriva che il volume d'acqua interessato dallo spostamento è veramente imponente, dell'ordine di diversi milioni di metri cubi per chilometro di territorio inondato.

Altri parametri fisici che caratterizzano le onde di tsunami (Fig. 6.2) sono la modesta ampiezza (altezza dell'onda) e l'elevata velocità con la quale si propagano in mare aperto (fino a 500-1000 km/h). Il periodo è di alcune decine di minuti. Un'altra caratteristica è il fronte dell'onda che, al contrario delle normali onde indotte dal vento, che hanno fronte piano, si presenta sferico (Fig. 6.3). Inoltre l'onda di tsunami è un solitone, e non forma normalmente, e fortunatamente, treni d'onda di una certa entità.

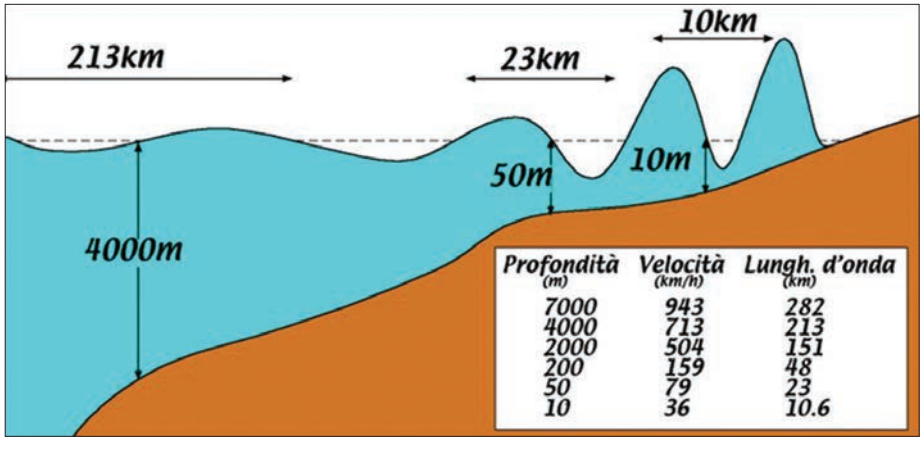


Fig. 6.2. Características físicas de las olas de tsunami.

Cuando un tsunami se origina y se propaga en las cercanías de la costa, se define como local (es el caso de deslizamiento del terreno en el agua y de explosiones volcánicas que causa, usualmente, olas de menor longitud que se atenúan velozmente). Se definen como megatsunami las olas anómalas con altura elevadísima (hasta más de 500 m) que se forman por procesos gravitacionales submarinos (inducidos generalmente por sobrecarga de sedimentos, terremotos o escape de fluidos) y que no se propagan por grandes distancias oceánicas sino que se rompen inmediatamente, con toda su energía, en las costas más cercanas. Los tsunamis de origen tectónico logran, en cambio, propagarse por miles de kilómetros atravesando océanos enteros. Un terremoto fuerte, sin embargo, no provoca necesariamente un tsunami, mientras terremotos de la misma magnitud no generan tsunami de la misma intensidad: la ocurrencia del tsunami depende, de hecho, del tipo de movimiento del fondo en las cercanías de la falla. El movimiento debe tener gran intensidad y un fuerte componente vertical, ambos a menudo asociados a deformaciones en términos compresivos. Son raros los tsunamis que se desatan a causa de fallas distensivas y aun menos, strike-slip.

Quando uno tsunami si origina e si propaga nei pressi della costa si definisce locale (è il caso di scivolamenti di materiale dalla terraferma in acqua e di esplosioni vulcaniche, che causano di solito onde di minore lunghezza che si attenuano velocemente). Si definiscono megatsunami le onde anomale con altezza elevatissima (fino a più di 500 m), che si formano per frane sottomarine (indotte generalmente da sovraccarico di sedimenti, terremoti o fuoriuscita di fluidi) e che non si propagano per grandi distanze oceaniche ma si abbattono immediatamente, con tutta la loro energia nelle coste più vicine. Gli tsunami di origine tettonica riescono invece a propagarsi per migliaia di chilometri attraversando interi oceani. Un forte sisma non genera però necessariamente uno tsunami, mentre terremoti della stessa magnitudo non generano tsunami della medesima intensità: l'occorrenza dello tsunami dipende infatti dal tipo di movimento del fondale nei dintorni della faglia. Il movimento deve avere grande intensità e una forte componente verticale, entrambe spesso associate a deformazioni in regime compressivo. Rari sono gli tsunami che si innescano a causa di faglie distensive, o ancora meno, strike-slip.

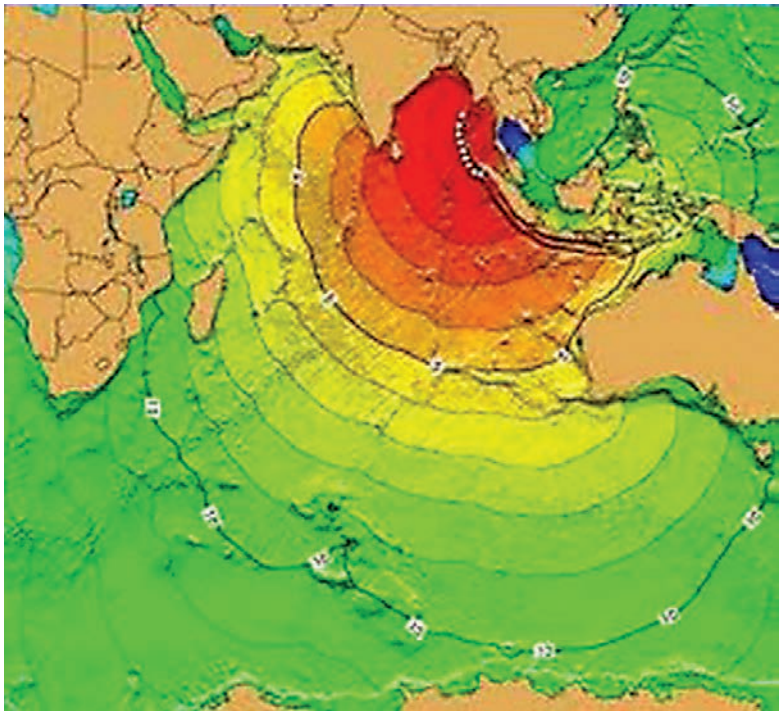


Fig. 6.3. Frente de ola esférico del tsunami generado en el offshore indonesio (Océano Índico).

En la propagación hacia la orilla, el flujo de energía E, o bien, la energía que atraviesa la sección vertical unitaria transversal a la ola en la unidad de tiempo, permanece constante; esta es función de la altura de onda y de la velocidad, por lo cual, al disminuir

Nella propagazione verso riva il flusso di energia E, ovvero l'energia che attraversa la sezione verticale unitaria trasversale all'onda nell'unità di tempo, rimane costante; questa è funzione dell'altezza d'onda e della velocità, per cui, al diminuire della velocità, per attrito, in

la velocidad por fricción, en las cercanías de la costa (hasta 30-60 km/h), la altura de la ola aumenta. Por el principio de conservación de la energía, la disminución de la profundidad del fondo de propagación causa una transformación de energía cinética a energía potencial, con alzamiento o crecimiento en altura de la ola (shoaling). Es este el motivo por el cual el tsunami, imperceptible en mar abierto, puede crecer varios metros acercándose a la orilla. En las cercanías de la costa, la reducción de la profundidad del fondo no permite más el acomodamiento del volumen de agua en la ola con amplitud reducida: el mantenimiento del movimiento de la ola y el volumen de agua involucrados produce un fuerte crecimiento en la altura de la ola.

prossimità della costa (fino a 30-60 km/h), l'altezza d'onda aumenta. Per il principio di conservazione dell'energia, la diminuzione della profondità del fondale di propagazione causa una trasformazione da energia cinetica ad energia potenziale, con sollevamento o crescita in altezza dell'onda (shoaling). E' questo il motivo per cui lo tsunami, impercettibile in mare aperto, può crescere di diversi metri avvicinandosi a riva. Nei pressi della costa la riduzione della profondità del fondale non permette più l'accomodamento del volume d'acqua in un'onda con ampiezza ridotta: il mantenimento del moto dell'onda e del volume di acqua coinvolto produce una forte crescita in altezza dell'onda.

El run-up es una medida de la subida máxima vertical de la ola respecto de la línea de la costa (Fig. 6.4), función ya sea de la altura de la ola que incide en la orilla o bien de las características de la costa sobre la cual la masa de agua va a impactar. Su valor es mediamente de unas diez veces mayor a la altura de la ola que lo ha generado y puede ir de algunos centímetros a decenas de metros. Para considerar la posibilidad de avance tierra adentro de la ola, se tiene en cuenta la presencia de obstáculos que la ola puede encontrar, calculando un coeficiente de aspereza representativo de la discontinuidad de la superficie, debida por ejemplo a vegetación y urbanización.

Il run-up è una misura della massima risalita verticale dell'onda rispetto alla linea di costa (Fig. 6.4), funzione sia dell'altezza dell'onda incidente a riva, che delle caratteristiche della costa sulla quale la massa d'acqua va ad impattare. Il suo valore è mediamente circa dieci volte maggiore dell'altezza dell'onda che lo ha originato, e può andare da qualche cm a decine di metri. Per considerare la possibilità di avanzamento nell'entroterra dell'onda, si tiene conto della presenza di ostacoli che l'onda può incontrare, calcolando un coefficiente di scabrezza rappresentativo delle discontinuità della superficie, dovute ad esempio a vegetazione ed urbanizzazione.

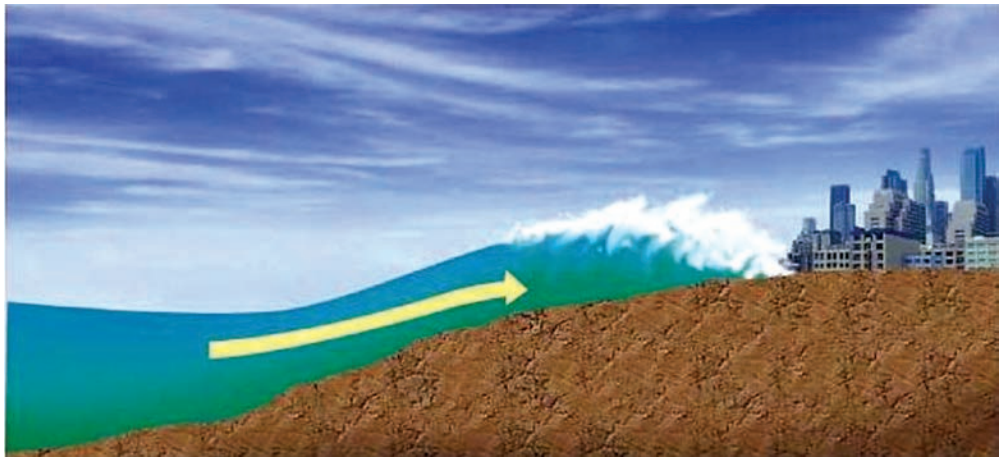


Fig. 6.4 - Tsunami y run-up.

A veces, el tsunami no se manifiesta con la clásica ola gigantesca que se abate sobre la costa, sino como un repentino fenómeno de baja mar (drawdown o drawback), incluso de centenares de metros, con las aguas que se retiran súbitamente dejando al descubierto el fondo marino, antes de que las olas de tsunami se abatan con violencia y elevada velocidad sobre la costa. Este fenómeno puede constituir una señal de alarma de tsunami.

Talora lo tsunami non si manifesta con la classica onda gigantesca che si abbatte sulla costa, ma come un improvviso fenomeno di bassa marea (drawdown o drawback), anche di centinaia di metri, con le acque che si ritirano repentinamente lasciando scoperto il fondale marino, prima che le onde di tsunami si abbattano con violenza ed elevata velocità sulla costa. Questo fenomeno può costituire un segnale di allarme tsunami.

6.2

Previsión y prevención. Monitoreo y sistemas de alarma

Previsione e prevenzione. Monitoraggio e sistemi di allarme

En el siglo veinte han sucedido 94 tsunamis destructivos. Las zonas de más bajo riesgo son las costas próximas a áreas sismogénicas, sobre todo las cercanas a los márgenes de placas tectónicas donde se registran los terremotos con mayor magnitud (Fig. 6.5).

Nel ventesimo secolo si sono verificati 94 tsunami distruttivi. Le zone più a rischio sono le coste in prossimità di aree sismogeniche, soprattutto quelle vicine ai margini di placche tettoniche dove si registrano i terremoti con maggiore magnitudo (Fig. 6.5).

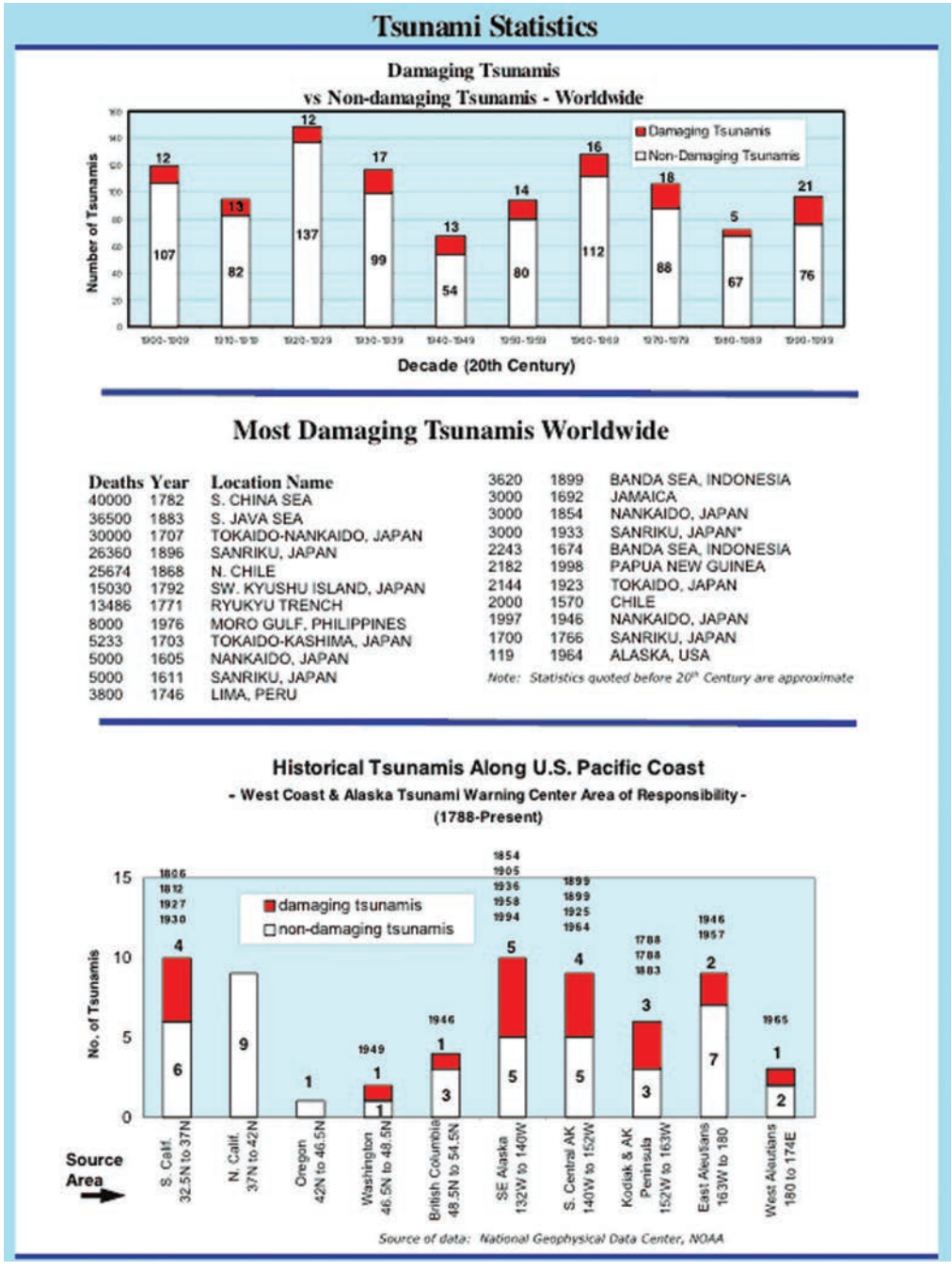


Fig. 6.5. Datos estadísticos relativos a los principales tsunami en el mundo

En el catálogo global NGDC/NOOA es utilizada la escala de intensidad de tsunamis de Soloviev-Imamura:

$$I = 1/2 + \log_2 H_{av}$$

donde H_{av} es la altura media de la ola a lo largo de la costa más cercana.

La protección ante el riesgo de tsunami depende de varios factores:

- el modo en el cual la ola de tsunami llega a la zona golpeada;
- la condición física de los edificios;
- la cercanía a la costa, la morfología local y la presencia de zonas elevadas para resguardarse;
- la presencia de diques que obstaculicen el paso de las olas;
- el adiestramiento de la población.

Mientras para los sismos es posible implementar procedimientos de prevención del territorio a través de la realización de infraestructuras y edificios con técnicas antisísmicas, para los tsunamis no es posible una protección directa en cuanto que cualquier barrera erigida a lo largo de la costa sería aplastada y sobrepasada por la inmensa fuerza de la ola. (Fig. 6.6) La única forma posible de prevención está ligada al uso de sistemas de prevención y sucesiva alerta a la población.

Por el momento no existe ningún tipo de modelo físico-matemático confiable capaz de prever en manera cierta y eficaz la ocurrencia de un tsunami, mientras existen sistemas que simulan los efectos del rompimiento de olas anómalas sobre las costas y proveen mapas de peligrosidad.

El único modo eficaz para advertir la efectiva generación de un tsunami es la medición directa de la variación del nivel marino. Redes de monitoreo, útiles para lanzar alarmas con el necesario nivel de fiabilidad, activas desde hace casi 50 años en el Pacífico (Pacific Tsunami Warning Center) y prácticamente ausentes en los océanos Índico y Atlántico, prevén el empleo de sistemas posicionados en el fondo marino y capaces de transmitir en tiempo real los datos adquiridos. Suponiendo que se quiera disponer de al menos una hora de preaviso, a causa de la elevada velocidad de propagación sobre las profundidades mayores, es necesario, por tanto, posicionar plataformas de reporte de ondas a gran distancia de la costa que se busca proteger o alertar, como por ejemplo, los sistemas de boyas (Fig. 6.7) del DART (Deep Ocean Assessment and reporting of tsunami). En ningún caso, sin embargo, los modelos teóricos de prevención y sistemas de medición del nivel del mar están en capacidad

Nel catalogo globale NGDC/NOOA viene utilizzata la scala di intensità degli tsunami di Soloviev-Imamura:

$$I = 1/2 + \log_2 H_{av}$$

dove H_{av} è l'altezza media dell'onda lungo la costa più vicina.

La protezione dal rischio tsunami dipende da vari fattori:

- *il modo in cui l'onda di tsunami arriva nella zona colpita;*
- *la condizione fisica degli edifici;*
- *la vicinanza alla costa, la morfologia locale e la presenza di zone elevate per ripararsi;*
- *la presenza di opere che ostacolano il passaggio delle onde;*
- *l'addestramento della popolazione.*

Mentre per i terremoti è possibile attuare procedure di prevenzione del territorio attraverso la realizzazione di infrastrutture ed edifici con tecniche antisismiche, per gli tsunami non è possibile una protezione diretta in quanto qualunque barriera eretta lungo la costa verrebbe sopraffatta e scavalcata dall'immensa forza dell'onda. (Fig. 6.6) La sola possibile forma di prevenzione è legata all'uso di sistemi di previsione e successiva allerta delle popolazioni.

Non esiste al momento alcun tipo di modello fisico-matematico affidabile capace di prevedere in maniera certa ed efficace il verificarsi di uno tsunami, mentre esistono sistemi che simulano gli effetti del frangimento di onde anomale sulle coste e forniscono mappe di pericolosità.

L'unico modo efficace per rilevare l'effettiva generazione di uno tsunami è la misurazione diretta della variazione del livello marino. Reti di monitoraggio, utili per lanciare allarmi con il necessario livello di attendibilità, attive da quasi 50 anni nel Pacifico (Pacific Tsunami Warning Center) e praticamente assenti negli oceani Indiano e Atlantico, prevedono l'impiego di sistemi posizionati sul fondo marino e capaci di trasmettere in tempo reale i dati acquisiti. Supponendo di voler disporre di almeno un'ora di preavviso, a causa dell'elevata velocità di propagazione sugli alti fondali, è necessario dunque posizionare piattaforme di rilevazione dell'onda a grande distanza dalla costa che si intende proteggere o allertare, come per esempio sistemi di boe (Fig. 6.7) del DART (Deep Ocean

de proteger de un tsunami si este es producido por un fenómeno muy cercano a la línea de la costa, en cuanto que resultaría vano cualquier intento de alertar a tiempo a la población. En estos casos, la única medida de prevención activa y eficaz es la de no construir asentamientos humanos a lo largo de la costa hasta unos cuantos kilómetros tierra adentro. Las acciones de prevención no pueden, por tanto, prescindir además de los estudios geológicos, geomorfológicos y sismológicos, incluso de un detallado conocimiento de la morfología de las profundidades de las áreas potencialmente generadoras de tsunamis y de la franja costera afectada.

Los programas de alerta y evacuación (Fig. 6.8) prevén la instalación de sistemas públicos de alerta temprana y la indicación de los puntos de reunión y los itinerarios cortos para la evacuación de la zona de playa: sistemas de aviso (rotulación y señales que indican los recorridos) y alarmas (sirenas, luces estroboscópicas, mensajes de audio pregrabados).

Assessment and reporting of tsunami). In nessun caso però modelli teorici di previsione e sistemi di misurazione del livello del mare sono in grado di proteggere da uno tsunami se questo viene innescato da un fenomeno molto vicino alla linea di costa, in quanto risulterebbe vano ogni tentativo di allertare in tempo la popolazione. In questi casi l'unica misura di prevenzione attiva efficace è quella di non costruire insediamenti lungo le coste fino a qualche km nell'entroterra. Gli interventi di previsione e prevenzione non possono quindi prescindere, oltre che dagli studi geologici, geomorfologici e sismologici, anche da una dettagliata conoscenza della morfologia dei fondali delle aree potenzialmente tsunamigeniche e della fascia costiera interessata.

I programmi di allerta ed evacuazione (Fig. 6.8) prevedono l'installazione di sistemi pubblici di allarme immediato e l'indicazione dei punti di riunione ed itinerari brevi per l'evacuazione della zona della spiaggia: sistemi di avviso (cartellonistica e segnali che indicano i percorsi) ed allarme (sirene, luci lampeggianti, messaggi audio-registrati).

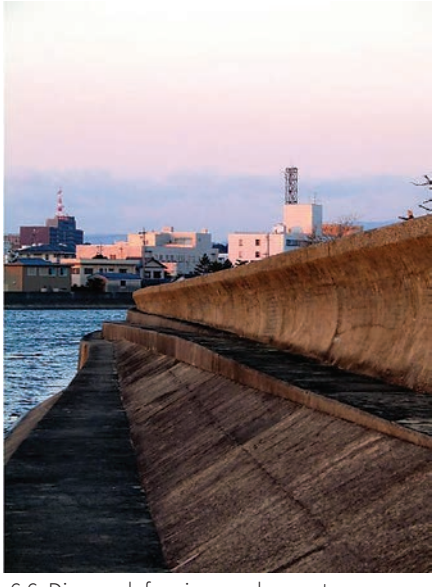


Fig. 6.6. Diques defensivos en las costas



Fig. 6.7. Boya para la detección de olas de tsunami



Fig. 6.8. Rótulos de alarma de tsunami y evacuación

6.3

Cuadro morfológico y geológico de las áreas sumergidas

Inquadramento morfologico e geologico del settore sommerso

La disposición tectónica de América Central y de su offshore está dominada por la interacción entre las placas del Caribe, de Cocos y de Nazca (Fig. 6.9). El margen pacífico está considerado un confín erosivo, donde la corteza oceánica de la placa de Cocos, del oligoceno-mioceno tardío inferior, sufre una rápida subducción, a una velocidad de 85mm/año (DeMets et al., 1994) a lo largo de la Fosa Centroamericana (Ranero y von Huene, 2000). De México a Costa Rica, el proceso de subducción es normal y la zona Wadati-Benioff está bien definida por terremotos intermedios y profundos. La erosión tectónica está activa siguiendo la mayor parte del margen convergente centroamericano y se manifiesta a través de procesos tectónicos distensivos que afectan el talud continental.

L'assetto tettonico dell'America Centrale e del suo offshore è dominato dall'interazione tra le placche caraibica, di Cocos e di Nazca (Fig. 6.9). Il margine pacifico è considerato un margine distruttivo, dove la crosta oceanica della placca di Cocos tardo oligocenica-miocenica inferiore subisce una rapida subduzione, ad una velocità di 85 mm/anno (DeMets et al., 1994) lungo la fossa centro-americana (Ranero e von Huene, 2000); dal Messi co alla CostaRica, il processo di subduzione è normale e la zona Wadati-Benioff è ben definita da terremoti intermedi e profondi. L'erosione tettonica è attiva lungo la maggior parte del margine convergente centro-americano, e si manifesta attraverso processi tettonici distensivi che interessano la scarpata continentale.

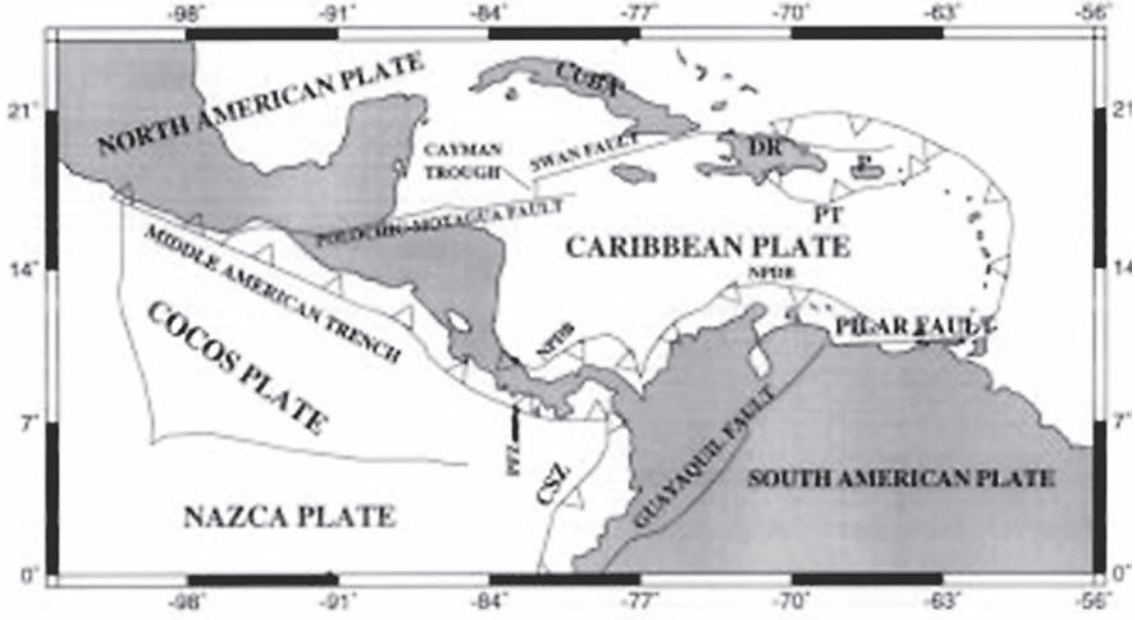


Fig. 6.9 Disposición tectónica de América Central y de su offshore

En el offshore del Caribe (Fig. 6.10) la plataforma continental está extendida por pocos kilómetros en el offshore de Guatemala y del nororiente de Honduras (Golfo de Honduras), a varios centenares de kilómetros en el offshore del nororiente de Honduras y del oriente de Nicaragua. Un talud continental articulado y bajo control estructural hace de enlace hacia el norte con las zonas abismales del Cayman trough, con más de 5,000 metros de profundidad y hacia el sur con la cuenca colombiana, que supera a duras penas los 3,000 metros.

Nell'offshore caraibico (Fig. 6.10) la piattaforma continentale è estesa da pochi chilometri nell'offshore del Guatemala e dell'Honduras nord-occidentale (Golfo di Honduras), a diverse centinaia di chilometri nell'offshore dell'Honduras nord-orientale e del Nicaragua orientale. Una scarpata continentale articolata e a controllo strutturale fa da raccordo verso N con le zone abissali del Cayman trough, profondo più di 5000 m e verso Sud con il bacino colombiano, che supera a malapena i 3000 m. La struttura fisiografica più rilevante è il Nicaragua Rise, una struttura orientata in direzione NE-SW, che presenta

La estructura fisiográfica más relevante es el Nicaragua Rise, una estructura orientada en dirección NE-SW, que presenta picos en la base sobre los cuales se ubican plataformas carbonáticas. Está limitada por la depresión de Cayman al norte y por el talud de Hess al sur. Está dividida por la Pedro Fault Zone en dos sectores. El sector septentrional es una altura estructural que se extiende desde Honduras y Nicaragua hasta la isla de Jamaica y se caracteriza por una serie de plataformas y bancos carbonáticos aislados separados por canales y cuencas. El sector meridional, más profundo, posee un relieve muy variable con pequeños bancos carbonáticos y está separado por la cuenca colombiana del talud de Hess. La sedimentación actual está controlada por la Corriente del Caribe, con dirección norte, a través del top del Nicaragua Rise y los canales estrechos y poco profundos que la inciden (Triffleman et al., 1992), con fenómenos difusos de upwelling.

En el offshore Pacífico (Fig. 6.10), la plataforma continental tiene una amplitud variable: de unos pocos centenares de metros (en correspondencia con los capiteles de canyon y los canales de incisión submarina) hasta 50 km, con la máxima extensión en el offshore de El Salvador y Nicaragua y extensión mínima en el offshore de Guatemala. El borde de la plataforma está colocado a una profundidad media de 120 a 150 metros.

El talud continental, atravesado por un canyon con andadura rectilínea y dirección preponderantemente NE-SW y en menor medida N-S, es amplio, más de 55 km y puede ser dividido en un talud superior con baja inclinación (2.5°) y con una cubierta sedimentaria inferior a los 1,500 metros; un talud estrecho intermedio, con inclinación de 17° y una cubierta sedimentaria inferior a los 1,000 metros; y un talud inferior con inclinación de 6° y con una delgada cubierta sedimentaria de 500 metros (Ranero et al., 2000).

El enlace con la planicie abismal, ubicada a una profundidad de entre 3,000 y 4,200 m, atravesada por una serie de fracturas oceánicas y orientación NE-SW y afectada por pequeñas alturas aisladas o alineadas en dirección NE-SW, está dado por una zona, con profundidades que superan los 6,000 m, coincidente con la fosa oceánica centroamericana, con sentido NW-SE más bien rectilíneo en el sector bajo examen. El sentido de la fosa no coincide con el de la costa ni con el del borde de la plataforma continental: el primero resulta sinuoso, en dependencia con el aporte sólido de los ríos, mientras el segundo resulta articulado a causa de la actividad de los cañones submarinos.

alti del basamento, su cui si impostano piattaforme carbonatiche. E' limitata dalla depressione di Cayman a N e dalla scarpata di Hess a S. E' divisa dalla Pedro Fault Zone in due settori. Il settore settentrionale è un alto strutturale che si estende dall'Honduras e dal Nicaragua all'isola di Giamaica ed è caratterizzato da una serie di piattaforme e banchi carbonatici isolati separati da canali e bacini. Il settore meridionale, più profondo, ha un rilievo molto variabile con piccoli banchi carbonatici, ed è separato dal bacino colombiano dalla scarpata di Hess. La sedimentazione attuale è controllata dalla Corrente dei Caraibi, diretta verso N, attraverso il top del Nicaragua Rise e i canali stretti e poco profondi che la incidono (Triffleman et al., 1992), con diffusi fenomeni di upwelling.

Nell'offshore pacifico (Fig. 6.10), la piattaforma continentale ha un'ampiezza variabile tra poche centinaia di metri (in corrispondenza delle testate di canyon e canali di incisione sottomarina) e circa 50 km, con la massima estensione nell'offshore del Salvador e del Nicaragua ed estensione minima nell'offshore del Guatemala. Il ciglio della piattaforma è posto a una profondità media di 120-150 metri.

La scarpata continentale, attraversata da canyon ad andamento rettilineo con direzione prevalente NE-SW e in misura minore N-S, è ampia più di 55 km e può essere divisa in una scarpata superiore con bassa pendenza (2.5°) e con una copertura sedimentaria spessa circa 1500 m, una stretta scarpata intermedia, con pendenza di 17° e una copertura di sedimenti inferiore a 1000 m, e una scarpata inferiore con pendenza di 6° e con una sottile copertura sedimentaria di 500 m (Ranero et al., 2000).

Il raccordo con la piana abissale, posta ad una profondità di 3000-4200 m, attraversata da una serie di fratture oceaniche ad andamento NE-SW e interessata da piccoli alti isolati o allineati in direzione NE-SW, è dato da una zona, con profondità che superano i 6000 m, coincidente con la fossa oceanica centroamericana, ad andamento NW-SE piuttosto rettilineo nel settore in esame. L'andamento della fossa non coincide con quello della costa, né con quello del ciglio della piattaforma continentale: il primo risulta sinuoso, in dipendenza dell'apporto solido da parte dei fiumi, mentre il secondo risulta articolato a causa dell'attività dei canyon sottomarini.

Le emissioni di fluidi nel settore offshore (Fig. 6.11) sono responsabili della formazione di diapiri e vulcani di fango, esalazioni gassose (McAdoo et al, 1996),

Las emisiones de fluidos en el sector offshore (Fig. 6.11) son responsables de la formación de diapiros y volcanes de fango, exhalaciones gaseosas (McAdoo et al, 1996), carbonatos autigénicos ligados a la actividad quimiobactérica. La deshidratación de los sedimentos deformados del talud y los sistemas de fallas están a la base de los numerosos relieves reconocidos en todo el margen. Las emisiones de fluidos que se identifican a lo largo del talud intermedio, cercanas a procesos gravitacionales, estructuras de deformación relativas a subducción de montañas submarinas, fallas y montículos, no son distribuidas uniformemente a lo largo del escarpado, sino a lo largo de una franja ubicada entre 17 o 40 km hacia tierra firme desde la fosa (Sahling et al, 2008). Los fluidos contienen elevadas concentraciones de CH_4 y H_2S de origen profundo (deshidratación de minerales arcillosos en los sedimentos subducidos y formación termogénica de metano), que migran hacia arriba a lo largo de la fallas profundas que llegan hasta el límite de la placa (Ranero y von Huene, 2000).

Las tasas de sedimentación en todo el margen activo de América Central son más bien bajos a causa del limitado aporte de sedimentos, responsable de la cobertura sedimentaria delgada y de la formación del margen erosivo. La aportación de sedimentos está controlada principalmente por los procesos tectónicos y climáticos a lo largo de la costa y de la plataforma.

Las tasas de sedimentación muestran fuertes variaciones laterales y temporales. Variaciones respecto de la velocidad de sedimentación media de 30 a 40 cm/ky se explican con el aumento de la actividad de las corrientes de turbidez en el talud, probablemente conectadas a fases erosivas en tierra. Los sedimentos del talud cubren una superficie irregular en el techo de la base de rocas ofiolíticas (Flueh et al, 2000; Walther et al, 2000). Al pie del talud se desarrolla un pequeño prisma frontal constituido prevalecientemente por sedimentos re-elaborados de talud. La corteza oceánica está recubierta por entre 250 y 300 m de sedimentos silíceos semi-pelágicos por encima del lodo carbonático pelágico (von Huene et al, 2000), que a menudo recubren un número elevado de montañas submarinas.

No se encuentran presentes cuencas intra-talud, mientras el estrecho y escarpado talud continental está seccionado por los cañones, que tienen su origen a una profundidad de cerca de 500 metros y pueden ser trazados hasta una zona de mayor disposición a derrumbes a cerca de 2,500 m. Depósitos de rebosamiento por corrientes túrbidas dentro de los cañones llevando a

carbonati autigeni legati all'attività chemiobatterica. La disidratazione dei sedimenti deformati della scarpata e i sistemi di faglie stanno alla base dei numerosi mound riconosciuti in tutto il margine. Le emissioni di fluidi che si riconoscono lungo la scarpata intermedia, in prossimità di frane, strutture di deformazione relative a subduzione di seamount, faglie e mound, non sono distribuite uniformemente lungo il pendio, ma lungo una fascia posta a 17-40 km verso terra dalla fossa (Sahling et al., 2008). I fluidi contengono elevate concentrazioni di CH_4 e H_2S di origine profonda (disidratazione di minerali argillosi nei sedimenti subdotti e formazione termogenica di metano), che migrano verso l'alto lungo faglie profonde che arrivano fino al limite di placca (Ranero e von Huene, 2000).

I tassi di sedimentazione nell'intero margine attivo del Centro America sono piuttosto bassi a causa del limitato apporto di sedimenti, responsabile della sottile copertura sedimentaria e della formazione del margine erosivo. L'apporto di sedimenti è controllato principalmente dai processi tettonici e climatici al largo della costa e della piattaforma.

I tassi di sedimentazione mostrano forti variazioni laterali e temporali. Variazioni rispetto alla velocità di sedimentazione media di 30-40 cm/ky si spiegano con l'aumento dell'attività delle correnti di torbida nella scarpata, probabilmente legate alle fasi erosive a terra. I sedimenti della scarpata ricoprono una superficie irregolare al tetto del basamento di rocce ofiolitiche (Flueh et al, 2000; Walther et al, 2000). Ai piedi della scarpata si sviluppa un piccolo prisma frontale, costituito prevalentemente da sedimenti rielaborati di scarpata. La crosta oceanica è ricoperta da circa 250-300 m di sedimenti silicei emipelagici al di sopra del fango carbonatico pelagico (von Huene et al., 2000), che spesso ricopre un numero elevato di seamount.

Non sono presenti bacini intra-scarpata, mentre la stretta e ripida scarpata continentale è sezionata dai canyon, che hanno origine a una profondità di circa 500 metri e si sviluppano fino ad una zona di maggiore franosità a circa 2500 m. Depositi di tracimazione da correnti di torbida all'interno dei canyon portano ad un aumento di sedimentazione sulle creste che separano i canyons. Inoltre, la subsidenza della scarpata, controllata dall'erosione tettonica alla base del cuneo di accrezione, può portare ad un aumento della ripidità del fondo marino. Ciò può portare alla formazione di creep di

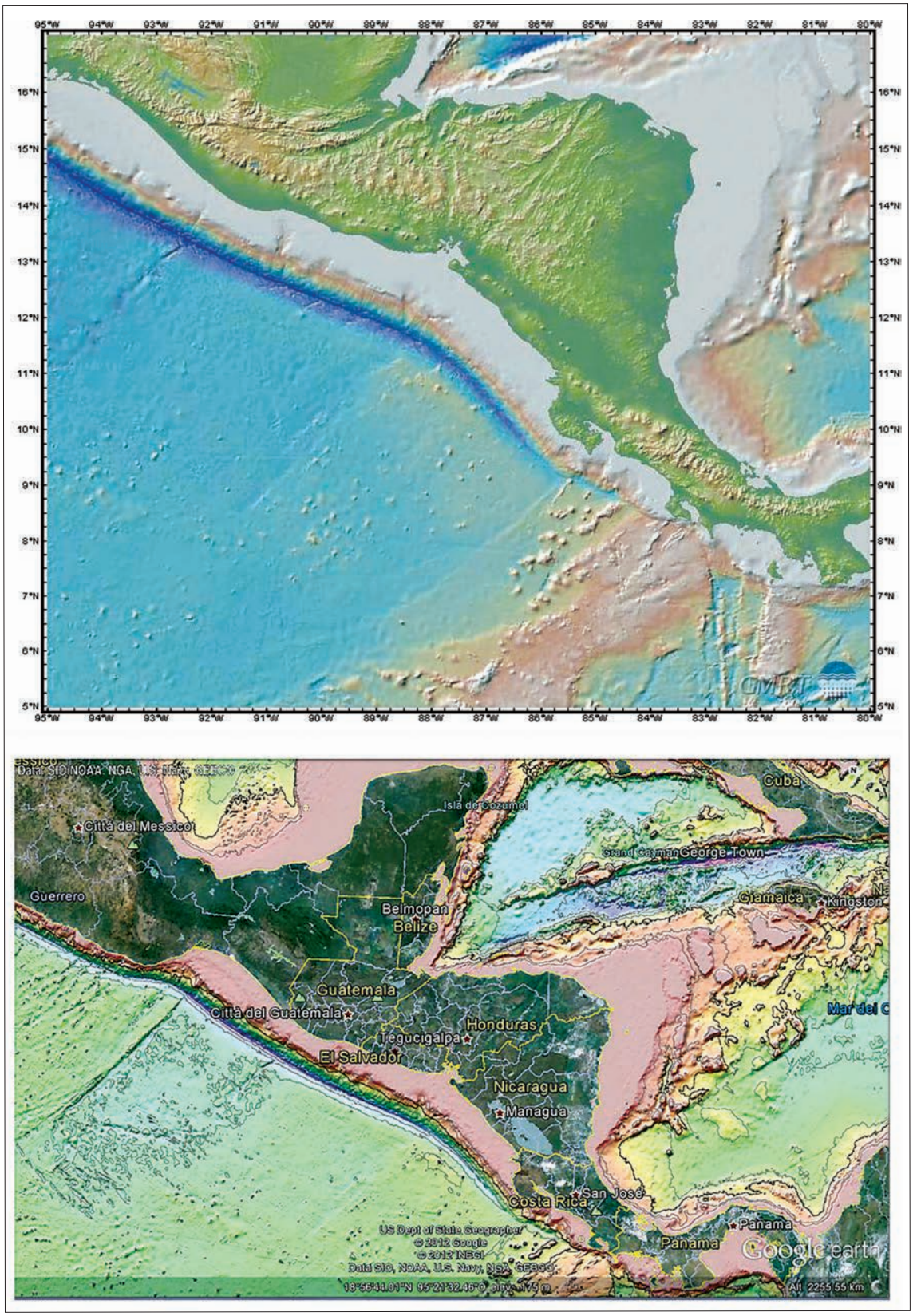


Fig. 6.10. Fisiografía del offshore de América Central (arriba, datos morfológicos de GeoMapApp, abajo, interpretación morfo-batimétrica)

un aumento de sedimentación sobre las crestas que separan los cañones. Además, la subsidencia del talud, controlada por la erosión tectónica en la base de la cuña de crecimiento, puede conducir a un aumento de la escarpadura del fondo marino. Ello puede llevar a la formación de arrastre de sedimentos, slumping y debris flows (Fig. 6.11).

La erosión del talud continental, dominada por la incisión de los cañones en los sedimentos del Plioceno-Holoceno, es mayor en correspondencia con el eje del cañones y disminuye rápidamente fuera del mismo, donde predomina la sedimentación. Además, las tasas de erosión, valorables actualmente entre los 10 y los 33 cm/ka, varían en el tiempo con tasas más altas de corte de los cañones durante la disminución del nivel del mar.

Las tasas de erosión son más bien altas dado que el talud es escarpado y capaz de generar corrientes de turbidez, aunque si bien los aportes de sedimentos son limitados y, por tanto, las corrientes de turbidez son muy raras.

sedimenti, slumping e debrisflows (Fig. 6.11).

L'erosione della scarpata continentale, dominata dall'incisione dei canyon nei sedimenti del Pliocene-Olocene, è maggiore in corrispondenza dell'asse dei canyon e diminuisce rapidamente al di fuori del canyon, dove predomina la sedimentazione. Inoltre, i tassi di erosione, valutabili attualmente tra 10 e 33 cm/ka, variano nel tempo con più alti tassi di incisione dei canyon durante la caduta del livello del mare.

I tassi di erosione sono piuttosto alti poiché la scarpata è ripida e in grado di generare correnti di torbida, anche se gli apporti sedimentari sono limitati e quindi le correnti di torbida sono abbastanza rare.

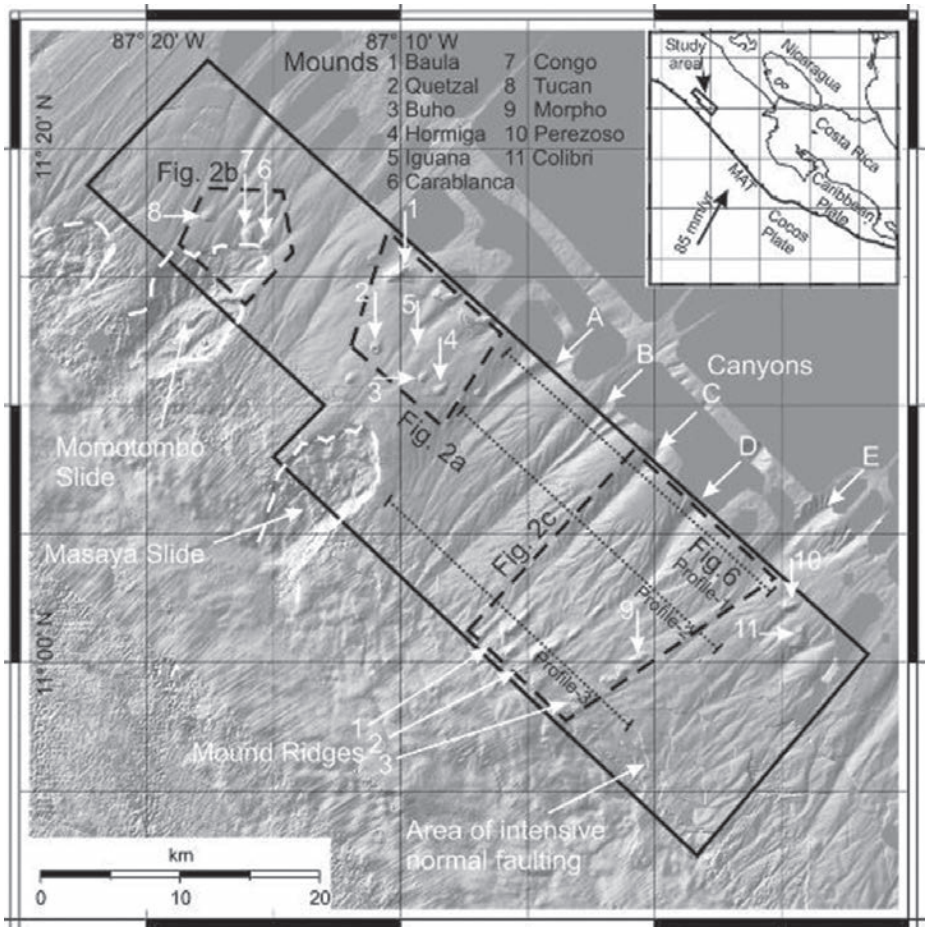


Fig. 6.11. Elementos morfológicos en el margen pacífico

6.4

Susceptibilidad de América Central al peligro de tsunamis

Suscettibilità del Centro America al pericolo tsunami

Las investigaciones sismológicas y los inventarios de tsunamis (Fernández et al., 1993; Ambraseys and Adams, 1996) permiten evaluar el peligro de tsunamis en América Central (Cuadro 8). Un estudio de Molina (1997) financiado por el CEPREDENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central) ha demostrado que los tsunamis no son fenómenos raros en la costa centroamericana, con al menos 50 eventos en el Océano Pacífico, en el Mar Caribe e incluso en el lago Nicaragua (Fig. 6.12).

Las causas están principalmente vinculadas a los terremotos (sobre todo en la costa pacífica, por ejemplo, en la península de Nicoya en Nicaragua y en el Caribe, dorsal de Cayman) pero también a los fenómenos volcánicos difusos y causantes de procesos gravitacionales, ya sea sub-aéreos como subacuáticos (Golfo de Fonseca, Momotombo, Apoyeque, Mombacho, Concepción y Maderas) y en la región de los grandes lagos de Nicaragua.

La sismicidad en la costa del Caribe de América Central es baja y está atribuida a la interacción entre la placa Norteamericana y la del Caribe. Pero, no obstante que la probabilidad de que se den tsunamis sea proporcional a la tasa de sismicidad, el área ha sido golpeada por numerosos tsunamis (12), los cuales han provocado graves daños y víctimas. Es posible que algunos eventos sísmicos hayan sido ubicados en forma errada, pero probablemente el número elevado de eventos depende del hecho que algunos terremotos generadores de tsunamis han sido más bien superficiales, como el terremoto de magnitud 7.5 que destruyó la Ciudad de Guatemala en 1976. La amplitud máxima de los tsunamis, que en algunos casos han provocado más de cien víctimas, es de 3 metros (tres casos)-5 metros (1 caso). La mayor parte de los más grandes terremotos de la costa del Caribe han generado tsunamis de pequeñas dimensiones, por el hecho que los epicentros fueron ubicados tierra adentro.

Mucho más relevantes y frecuentes los eventos que han afectado la costa pacífica, donde el margen es más activo (fosa centroamericana), con 37 indicaciones de

Le indagini sismologiche e i cataloghi di tsunami (Fernandez et al., 1993; Ambraseys and Adams, 1996) permettono di valutare il pericolo tsunami in America Centrale (Tabella. 8). Uno studio di Molina (1997) finanziato da CEPREDENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central) ha dimostrato che gli tsunami non sono fenomeni rari nella costa centroamericana, con almeno 50 eventi nell'Oceano Pacifico, ma anche nel Mar dei Caraibi, e addirittura nel lago Nicaragua (Fig. 6.12).

Le cause sono principalmente legate ai terremoti (soprattutto nella costa pacifica, es. penisola di Nicoya in Nicaragua, e nei Caraibi, dorsale di Cayman), ma anche ai diffusi fenomeni vulcanici e franosi, sia subaerei che sottomarini (Golfo di Fonseca, Momotombo, Apoyeque, Mombacho, Conception, Maderas) e nella regione dei Grandi Laghi del Nicaragua.

La sismicità sulla costa caraibica dell'America centrale è bassa, ed è attribuita all'interazione tra la placca nord-americana e quella caraibica. Ma, nonostante la probabilità che si verifichino tsunami sia proporzionale al tasso di sismicità, l'area è stata colpita da numerosi tsunami (12) che hanno provocato gravi danni e vittime. È possibile che alcuni eventi sismici siano stati localizzati in maniera errata, ma probabilmente il numero elevato di eventi dipende dal fatto che alcuni terremoti tsunamigenici sono stati piuttosto superficiali, come il terremoto di magnitudo 7,5 che ha distrutto Città del Guatemala nel 1976. L'ampiezza massima degli tsunami, che in alcuni casi hanno provocato più di cento vittime, è di 3 metri (tre casi)-5 metri (1 caso). La maggior parte dei più grandi terremoti della costa caraibica hanno generato tsunami di piccole dimensioni, dal momento che gli epicentri erano localizzati nell'entroterra.

Ben più rilevanti e frequenti gli eventi che hanno interessato la costa pacifica, dove il margine è più attivo (fossa centro-americana), con 37 segnalazioni di tsunami (Molina, 1997), di cui 23 originati da terremoti di subduzione al margine tra Cocos e Caraibi, uno nella zona di frattura

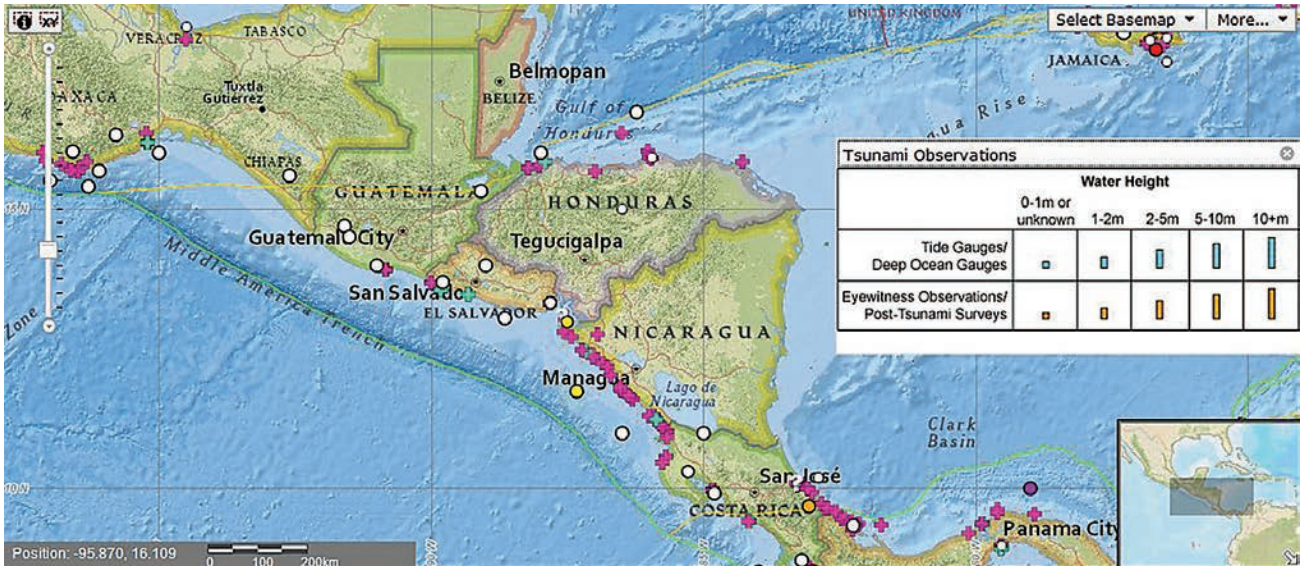


Fig. 6.12. Eventos de tsunami en América Central

tsunamis (Molina, 1997), de las cuales 23 originadas por terremotos de subducción en el margen entre Cocos y Caribe, uno en la zona de fractura de Panamá, dos por fallas superficiales, uno en el confín entre Norteamérica y Suramérica y seis no identificados con respecto al contexto tectónico. Todos los países de la zona han sido golpeados por tsunamis (Cuadros 9, 10, 11), pero afortunadamente la mayor parte de estos eran pequeños, causando pocos daños. Sobre la costa del Pacífico, muchos eventos generadores de tsunamis se dan tierra adentro o cerca de la costa, razón que podría haber reducido la altura de las olas.

Sobre la base de estos datos, parece que el límite Cocos-Caribe sea el ambiente tectónico más importante en la generación de terremotos tsunami-génicos en la costa pacífica de América Central (Fig. 6.13). Las magnitudes de estos eventos entran en el rango (-3) – (2.5). Los más grandes tsunamis de esta zona han sido los de Guatemala-El Salvador (1902), con magnitud 2 y el de Nicaragua (1992), con magnitud 2.5. Catorce eventos tienen hipocentro superficial (0-30 km), el resto posee profundidades intermedias.

di Panama, due da faglie superficiali, uno al margine tra Nord America e Sud America e sei non identificati rispetto al contesto tettonico. Tutti i paesi della zona sono stati colpiti da tsunami (Tabelle. 9, 10, 11), ma fortunatamente, la maggior parte di questi erano piccoli tsunami, causando pochi danni. Lungo la costa del Pacifico, molti eventi tsunamigenici si trovano nell'entroterra o vicino alla costa, cosa che potrebbe aver ridotto l'altezza delle onde.

Sulla base di questi dati, sembra che il limite Cocos-Caraibi sia l'ambiente tettonico più importante nella generazione di terremoti tsunamigenici sulla costa pacifica dell'America Centrale (Fig. 6.13).

Le magnitudo di questi eventi rientrano nel range (-3) - (2.5). I più grandi tsunami di questa zona sono stati lo tsunami del Guatemala-Salvador (1902), con magnitudo 2 e quello del Nicaragua (1992) con magnitudo 2.5. 14 eventi hanno ipocentro superficiale (0-30 km), il resto profondità intermedie.

#	Anno	Data	O	Mag.	Regione interessata
01	1539	11/24	C	---	Golfo de Honduras
02	1579	03/16	P	---	Isla Cano, Costa Rica
03	1621	05/02	P	5.8	Panamá la Vieja
04	1798	02/22	C	VI	Matina, Costa Rica
05	1822	05/07	C	7.6	Matina, Costa Rica
06	1825	02/--	C	5.5	Isla Roatan, Honduras
07	1844	05/--	P	7.5	Lago de Nicaragua (?)
08	1854	08/05	P	7.2	Golfo Dulce, Costa Rica
09	1855	09/25	C	6.3	Trujillo, Honduras
10	1856	08/04	C	7.5	Omoa, Golfo de Honduras (destrucción, muertos)
11	1859	08/26	P	6.3	Amapala/Honduras, Golfo de Fonseca
12	1859	12/09	P	7.5	Bahía de Acajutla, El Salvador
13	1873	10/14	P	V	Colon, Panamá
14	1882	09/07	C	7.9	San Blas, Panamá
15	1884	11/05	P	---	Acandi, Colombia
16	1902	01/18	P	6.3	Ocos, Guatemala
17	1902	02/26	P	7.0	Costas de Guatemala,El Salvador
18	1902	04/19	P	7.5	Ocos, Guatemala
10	1904	01/20	P	---	Costas de Panamá ?
20	1904	12/20	C	7.5	Bocas del Toro, Panamá
21	1905	01/20	P	6.8	Isla de Coco, Costa Rica
22	1906	01/31	P	8.2	Ecuador, Panamá, Costa Rica
23	1906	--/--	P	---	Costa Pacífica de El Salvador
24	1913	10/02	P	6.7	Azuero, San Miguel, Panamá
25	1915	09/07	P	7.7	Costa de El Salvador
26	1916	01/31	P	---	Canal de Panamá
27	1916	04/26	C	6.9	Bocas del Toro, Panamá
28	1916	05/25	P	7.5	El Salvador
29	1919	06/29	P	6.7	Corinto, Nicaragua
30	1919	12/12	P	---	ElOstial, Nicaragua
31	1920	12/06	P	---	Golfo de Fonseca, Nicaragua (?)
32	1926	11/05	P	7.0	Nicaragua (?)
33	1934	07/18	P	7.5	Golfo de Chiriquí, Panamá
34	1941	12/06	P	7.6	Punta Dominical, Costa Rica
35	1941	12/06	P	6.9	Golfo de Nicoya, Costa Rica
36	1950	10/05	P	7.9	Costas de Costa Rica, Nicaragua, El Salvador
37	1950	10/23	P	7.3	Costas de Guatemala, El Salvador
38	1951	08/03	P	6.0	Potosí, Golfo de Fonseca, Nicaragua (?)
39	1952	05/13	P	6.9	Puntarenas, Costa Rica
40	1956	10/24	P	7.2	San Juan del Sur, Nicaragua
41	1957	03/10	A	8.1	Acajutla, El Salvador
42	1960	05/22	C	8.5	La Unión, Golfo de Fonseca, Nicaragua (?)
43	1962	03/12	P	6.7	Armuelles, Chiriquí, Panamá
44	1968	09/25	P	6.0	Mexico, Guatemala
45	1976	02/04	C	7.5	Cortes, Golfo de Honduras
46	1976	07/11	P	7.0	Jaque, Darien, Panamá
47	1990	03/25	P	7.0	Puntarenas, Quepos, Costa Rica
48	1991	04/22	C	7.6	Costa Rica, Panamá
49	1992	09/01	P	7.2	Nicaragua (172 muertos, destrucción), Costa Rica
50	2001	01/13	P	7.6	El Salvador (pequeño tsunami, costa de El Salvador)

O: Origine del terremoto che ha generato tsunami: P - Pacifico, C – Caraibi;Mag.: Magnitudo Richter del terremoto che ha generato tsunami (la cifra romana corrisponde alla Massima Intensità nella Scala Mercalli)

Cuadro 8. Principales eventos de tsunami registrados en el área centroamericana

Date						Tsunami Cause				Addl Tsu Info	Deposits	Tsunami Source Location				Tsunami Parameters					Tsunami Effects									Photos
						Val	Code	Earthquake Mag	Volcano							Max Water Height	Num. of Runups	Magnitude		Tsu Int	Warn Status	Deaths		Injuries		Damage		Houses Destroyed		Houses Damaged		
Year	Mo	Dy	Hr	Mn	Sec							Country	Name	Latitude	Longitude			Abe	Ilda			Num	De	Num	De	$Mill	De	Num	De	Num	De	
1859	8	25				2	1	6.2		*		EL SALVADOR	EL SALVADOR	13.330	-87.810		1		1.00	1.50											
1859	12	9	2	0		3	1	7.0		*		EL SALVADOR	EL SALVADOR	13.700	-89.800		1		1.00	1.50											
1902	2	26				0	9	7.0		*		EL SALVADOR	EL SALVADOR-GUATEMALA	13.500	-89.500	5.00	4		2.30	2.00		185	3	100	2		3				
1950	10	5	16	9	31.0	4	1	7.7		*		COSTA RICA	COSTA RICA-NICARAGUA	11.000	-85.000	.10	6		-3.30	-2.00											
1950	10	23	16	13	20.0	4	1	7.1		*		GUATEMALA	GUATEMALA	14.500	-91.500	.20	5		-1.30	-1.00											
1952	11	4	16	58		4	1	9.0		*	5	RUSSIA	KAMCHATKA	52.750	159.500	18.00	290		4.20	4.00		4000	4			1.000	2				2
1957	3	9	14	22	31.9	4	1	8.6		*	2	USA	ANDREANOF ISLANDS, AK	51.292	-175.629	22.80	323		3.90	3.50						5.000	2		1		3
1960	5	22	19	11	17.0	4	1	9.5	Vol	*	19	CHILE	CENTRAL CHILE	-39.500	-74.500	25.00	1045		4.60	4.00		1223	4			75.000	4				22
													PRINCE																		

Cuadro 9. Parámetros relativos a los tsunamis registrados en El Salvador

Date						Tsunami Cause				Addl Tsu Info	Deposits	Tsunami Source Location				Tsunami Parameters					Tsunami Effects									Photos
						Val	Code	Earthquake Mag	Volcano							Max Water Height	Num. of Runups	Magnitude		Tsu Int	Warn Status	Deaths		Injuries		Damage		Houses Destroyed		Houses Damaged		
Year	Mo	Dy	Hr	Mn	Sec							Country	Name	Latitude	Longitude			Abe	Ilda			Num	De	Num	De	$Mill	De	Num	De	Num	De	
1950	10	23	16	13	20.0	4	1	7.1		*		GUATEMALA	**GUATEMALA**	14.500	-91.500	.20	5		-1.30	-1.00											
1952	11	4	16	58		4	1	9.0		*	5	RUSSIA	KAMCHATKA	52.750	159.500	18.00	290		4.20	4.00		4000	4			1.000	2				2
1957	3	9	14	22	31.9	4	1	8.6		*	2	USA	ANDREANOF ISLANDS, AK	51.292	-175.629	22.80	323		3.90	3.50						5.000	2		1		3
1960	5	22	19	11	17.0	4	1	9.5	Vol	*	19	CHILE	CENTRAL CHILE	-39.500	-74.500	25.00	1045		4.60	4.00		1223	4			75.000	4				22
1964	3	28	3	36	14.0	4	3	9.2		*	19	USA	PRINCE WILLIAM SOUND, AK	61.040	-147.730	67.10	391		6.10	5.00		124	3			119.000	4		3		8

Cuadro 10. Parámetros relativos a los tsunamis registrados en Guatemala

Date						Tsunami Cause				Addl Tsu Info	Deposits	Tsunami Source Location				Tsunami Parameters					Tsunami Effects									Photos
						Val	Code	Earthquake Mag	Volcano							Max Water Height	Num. of Runups	Magnitude		Tsu Int	Warn Status	Deaths		Injuries		Damage		Houses Destroyed		Houses Damaged		
Year	Mo	Dy	Hr	Mn	Sec							Country	Name	Latitude	Longitude			Abe	Ilda			Num	De	Num	De	$Mill	De	Num	De	Num	De	
1901	10	8	2	16		3	1	7.0		*		NICARAGUA	**NICARAGUA**	11.000	-86.500	1.50	1														
1951	8	3	0	23	58.0	4	3	6.0	Vol	*		NICARAGUA	COSIGUINA VOLCANO	13.000	-87.500		1					1000	3				3				
1952	3	4	1	22	41.0	4	1	8.1		*		JAPAN	SE. HOKKAIDO ISLAND	42.150	143.850	6.50	219		2.70	2.00		33	1		3		3		3		
1952	11	4	16	58		4	1	9.0		*	5	RUSSIA	KAMCHATKA	52.750	159.500	18.00	290		4.20	4.00		4000	4			1.000	2				2
1964	3	28	3	36	14.0	4	3	9.2		*	19	USA	PRINCE WILLIAM SOUND, AK	61.040	-147.730	67.10	391		6.10	5.00		124	3			119.000	4		3		8
1992	9	2	0	16	1.6	4	1	7.7		*	8	NICARAGUA	NICARAGUA	11.742	-87.340	9.90	36		3.30	2.80		170	3	489	3	30.000	4	1500	4		6

Cuadro 11. Parámetros relativos a los tsunamis registrados en Nicaragua



Fig. 6.13. Terremotos y disposición geodinámica de América Central



Fig. 6.14. Efectos desastrosos del tsunami de Nicaragua de 1992.

Las costas pacíficas de América Central han sido golpeadas también por tsunamis regionales generados en otras partes del Pacífico. En 1957, un terremoto en las Islas Aleutianas generó un tsunami que alcanzó las costas de El Salvador y causó ingentes daños en los pueblos costeros y numerosas víctimas. El terremoto de magnitud 8.5 de Chile en 1960 afectó las costas de Guatemala y de El Salvador, pero no fueron señalados ni hubo daños ni víctimas.

Los tsunamis más trágicos de la costa pacífica fueron los de Guatemala-El Salvador (1902), que causó 185 víctimas humanas, y el tsunami de Nicaragua en 1992 (Fig. 6.14), que causó 170 víctimas y causó enormes daños. El evento del 01/09/1992 en Nicaragua se caracterizó por una gran disparidad entre la magnitud del terremoto y la intensidad del tsunami generado (Kanamori y Kikuchi, 1993). La ola, de altura mediana, de 4 a 7 metros (Fig. 6.15), alcanzó un pico de casi 10 metros. El fenómeno fue generado por un fuerte terremoto (7.8 MW) a lo largo de la costa pacífica de Nicaragua. En este país la población no sintió la sacudida (la energía del terremoto se había distribuido en un intervalo de una semana), pero sufrieron los efectos del tsunami, con una inundación por el orden de unos cien metros. Ello constituye un serio problema para la activación de la alarma de tsunami, porque el potencial tsunami no puede ser deducido de la información sísmica.

Los 16 terremotos que han provocado tsunamis sobre la costa del Pacífico tienen epicentros tierra adentro y solo 12 en mar abierto. Los primeros provocaron pocos daños y la máxima altura registrada fue equivalente a 0.6 m. Al contrario, tsunamis provocados por terremotos en mar abierto en las costas pacíficas fueron los más destructivos y alcanzaron alturas superiores a los 9 metros.

Los sectores costeros con las más tasas de terremotos de gran intensidad se encuentran en México-Guatemala y El Salvador-Honduras. El sector Costa Rica-Panamá está caracterizado por una baja tasa de terremotos de magnitud elevada, probablemente porque la subducción de la placa de Cocos en esa parte de la fosa es superficial.

En general, el 32% de los terremotos de gran magnitud para el sector Nicaragua-Guatemala que se dieron en el siglo pasado ha provocado tsunamis. En el sector Costa Rica-Panamá la situación es muy distinta. Los terremotos de gran magnitud no son abundantes, pero el 67% de ellos desencadenó tsunamis. En conclusión, el 45% de los terremotos fuertes en mar abierto o cerca de la costa puede generar tsunamis (Fig. 6.16).

Le coste pacifiche dell'America Centrale sono state colpite anche da tsunami regionali generati in altre parti del Pacifico. Nel 1957 un terremoto dalle Isole Aleutine ha generato uno tsunami che ha raggiunto le coste di El Salvador e causato ingenti danni ai villaggi costieri e vittime. Il terremoto di magnitudo 8.5 del Cile nel 1960 ha colpito coste del Guatemala e del Salvador, ma non sono stati segnalati né danni né vittime .

Gli tsunami più tragici della costa pacifica sono stati quello del Guatemala-Salvador (1902) che ha causato 185 vittime e lo tsunami del Nicaragua nel 1992 (Fig. 6.14), che ha fatto 170 vittime e causato ingenti danni. L'evento del 01/09/1992 del Nicaragua è stato caratterizzato da una grande disparità tra la magnitudo del terremoto e l'intensità dello tsunami generato (Kanamori e Kikuchi, 1993). L'onda, alta mediamente 4-7 metri (Fig. 6.15), raggiunse un picco di quasi 10 metri. Il fenomeno fu generato da un forte terremoto (7.8 MW) al largo della costa pacifica del Nicaragua. Nel caso del Nicaragua, la popolazione non ha sentito la scossa (l'energia del terremoto si era distribuita in un intervallo di una settimana) ma hanno subito gli effetti dello tsunami, con un'inondazione dell'ordine di centinaia di metri. Ciò costituisce un serio problema per lanciare l'allarme tsunami, perché il potenziale di tsunami non può essere dedotto dalle informazioni sismiche.

I 16 terremoti che hanno innescato tsunami sulla costa del Pacifico hanno epicentro nell'entroterra e solo 12 si trovano in mare aperto. I primi hanno provocato pochi danni e la massima altezza registrata è pari a 0.6 m. Al contrario, tsunami innescati da terremoti al largo sono stati i più distruttivi e hanno raggiunto altezze superiori a 9 m.

I settori costieri con i più alti tassi di terremoti di grande intensità si trovano in Messico-Guatemala e Salvador-Honduras. Il settore Costa Rica-Panama è caratterizzato da un basso tasso di terremoti di magnitudo elevata, probabilmente perché la subduzione della placca di Cocos in quella parte della fossa è superficiale.

In generale, il 32% dei terremoti di grande magnitudo per il settore Nicaragua-Guatemala che si è verificato nel secolo scorso ha provocato tsunami. Nel settore Costa Rica-Panama la situazione è ben diversa; terremoti di grande magnitudo non sono così abbondanti ma il 67% di loro ha scatenato tsunami. In conclusione, il 45% dei forti terremoti in mare aperto o vicino alla costa può innescare tsunami (Fig. 6.16).

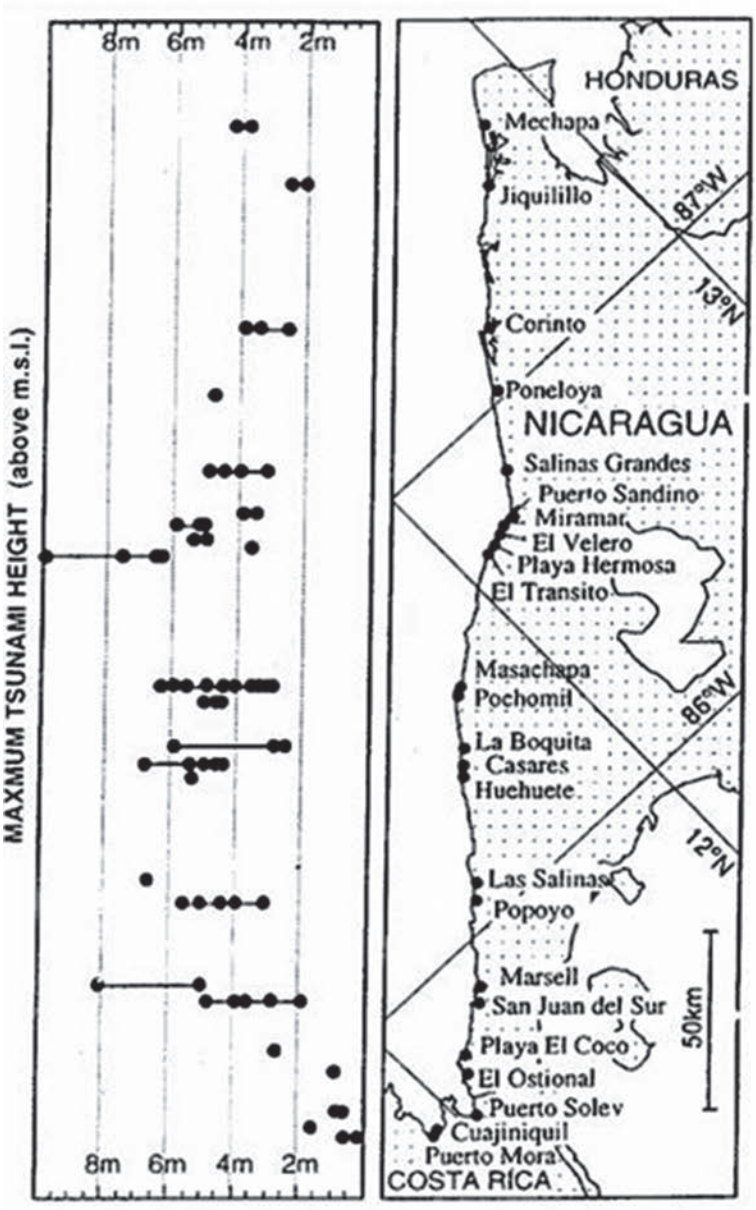


Fig. 6.15. Altura de la ola del maremoto de 1992 (Satake et al., 1993).

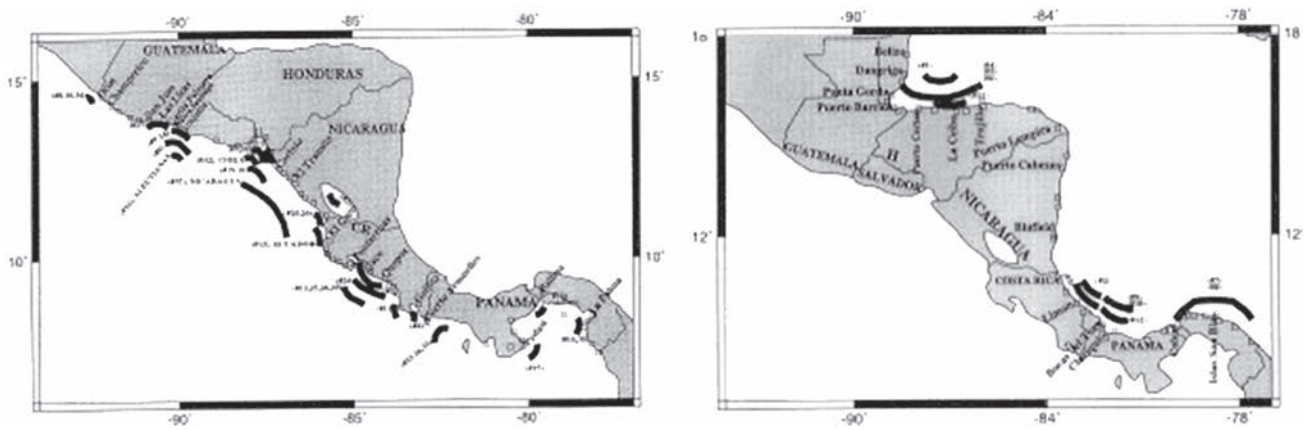


Fig. 6.16. Distribución de las áreas de mayor riesgo de tsunami.

En la costa del Caribe ha habido solo tres fuertes terremotos en el último siglo, pero todos produjeron pequeños tsunamis. Por tanto, existe el 100% de probabilidades de que terremotos fuertes puedan generar tsunamis en las costas centroamericanas del Caribe. Aun así, estos tsunamis podrían no ser peligrosos si el terremoto se da tierra adentro.

El evento de Nicaragua de 1992 estimuló un notable interés en la población nicaragüense sobre el riesgo de tsunamis, la prevención y mitigación de los desastres y fue el punto de partida para el desarrollo de un sistema nacional de alarma de tsunamis para la costa pacífica de Nicaragua. Se considera que el tsunami de 1992 se trató de un evento de gran intensidad, no obstante no representa la amenaza mayor prevista para las costas pacíficas de América Central, donde es posible que se den olas de hasta 30 metros, aún con probabilidades muy bajas.

Dado que Nicaragua posee lagos muy grandes se plantea la cuestión de si los tsunamis pueden darse aun en lagos, cuáles son los mecanismos para su generación y si es posible una alarma temprana para estos eventos. Recientemente fue identificado un depósito de tsunamis a lo largo de la orilla del lago de Managua, ligado a una erupción volcánica (Freundt et al., 2006). Los tsunamis en los lagos son diferentes de los marítimos sobre todo porque en ellos las aguas son poco profundas y la velocidad, la amplitud y la longitud de onda son limitadas. Así mismo, las costas de los lagos son densamente pobladas, se encuentran dentro de la línea de volcanes activos y de rasgos tectónicos y, por tanto, de alto riesgo de tsunamis.

Para la costa pacífica de Nicaragua, el INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) ha desarrollado un sistema de alerta de tsunami basado en la identificación del terremoto generador de tsunami. Entre la ocurrencia del terremoto y la llegada a la costa del Pacífico de Nicaragua de la ola de tsunami está previsto un intervalo de 30 a 60 minutos. Ello significa que en 10 o 15 minutos el sistema debería detectar, localizar y determinar la magnitud del terremoto, decidir si es posible que se genere un tsunami y emitir un aviso de protección civil, y que en 5 o 10 minutos debería alertar a la población, la cual tendría así pocos minutos para huir de las olas destructivas.

El evento más reciente en el área de Centroamérica se verificó el 26 de Agosto de 2012 a lo largo de la costa

Sulla costa caraibica ci sono stati solo tre forti terremoti nell'ultimo secolo, ma tutti hanno generato piccoli tsunami. Quindi c'è il 100% di probabilità che forti terremoti possano innescare tsunami nelle coste caraibiche del Centro America. Tuttavia, questi tsunami potrebbero non essere pericolosi se il terremoto si verifica nell'entroterra.

L'evento del Nicaragua del 1992 ha stimolato un notevole interesse nella popolazione nicaraguense sul rischio tsunami, la prevenzione e mitigazione dei disastri, ed è stato il punto di partenza per lo sviluppo di un sistema nazionale di allarme tsunami per la costa pacifica del Nicaragua. Si consideri che lo tsunami del 1992 è stato un evento di grande intensità, tuttavia non rappresenta la minaccia maggiore prevista per le coste pacifiche del Centro America, dove sono possibili onde oltre 30 metri, anche se con probabilità molto bassa.

Poiché il Nicaragua ha laghi molto grandi si pone la questione se gli tsunami si possono verificare anche in questi laghi, quali sono i meccanismi per la loro generazione, e se è possibile un allarme immediato per questi eventi. E' stato recentemente identificato un deposito di tsunamiti lungo la riva del lago di Managua, legato ad una eruzione vulcanica (Freundt et al., 2006). Gli tsunami nei laghi sono diversi da quelli in mare soprattutto perché le acque sono poco profonde e limitate sono velocità, ampiezza e lunghezza d'onda. Tuttavia, le rive dei laghi sono densamente popolate, si trovano all'interno della linea di vulcani attivi e di lineamenti tettonici e quindi ad alto rischio tsunami.

Per la costa pacifica del Nicaragua l'INETER (Instituto-Nicaragüense de Estudios Territoriales) ha sviluppato un sistema di allerta tsunami basato sull'identificazione del terremoto generatore di tsunami. Tra il verificarsi del terremoto e l'arrivo sulla costa del Pacifico del Nicaragua dell'onda di tsunami è previsto un intervallo di 30-60 minuti. Ciò significa che in 10 o 15 minuti il sistema dovrebbe rilevare, localizzare e determinare la magnitudo del terremoto, decidere se è possibile che si generi uno tsunami ed emettere un avviso di Protezione Civile, che in 5-10 minuti dovrebbe allertare la popolazione che avrebbe così pochi minuti per sfuggire alle onde distruttive.

L'evento più recente dell'area centro-americana è quello verificatosi il 26 agosto 2012 lungo la costa sud-orientale di El Salvador, in conseguenza di una violenta scossa di terremoto di magnitudo 7.4, registrata alle 22:37 al largo della costa centro-americana del Pacifico. Il sisma ha

suroriental de El Salvador, después de una violenta sacudida de magnitud 7.4, registrada a las 22:37 horas y ubicada en la costa pacífica del Istmo. Su hipocentro fue localizado a 50.6 km de profundidad y su epicentro a 125 km al sur de Usulután, la cuarta ciudad del país (Fig. 6.17; fuente USGS). Poco después del primer temblor, se registró uno más de magnitud 5.4 con hipocentro a 57 km de profundidad, localizado no tan lejos del primer evento.

avuto ipocentro a 50,6 km di profondità ed epicentro 125 km a sud di Usulutan, quarta città del Paese (Fig. 6.17, fonte USGS). Poco dopo la prima è stata registrata una seconda scossa di magnitudo 5.4 con ipocentro a 57 km di profondità, localizzato poco lontano da quello del primo evento.

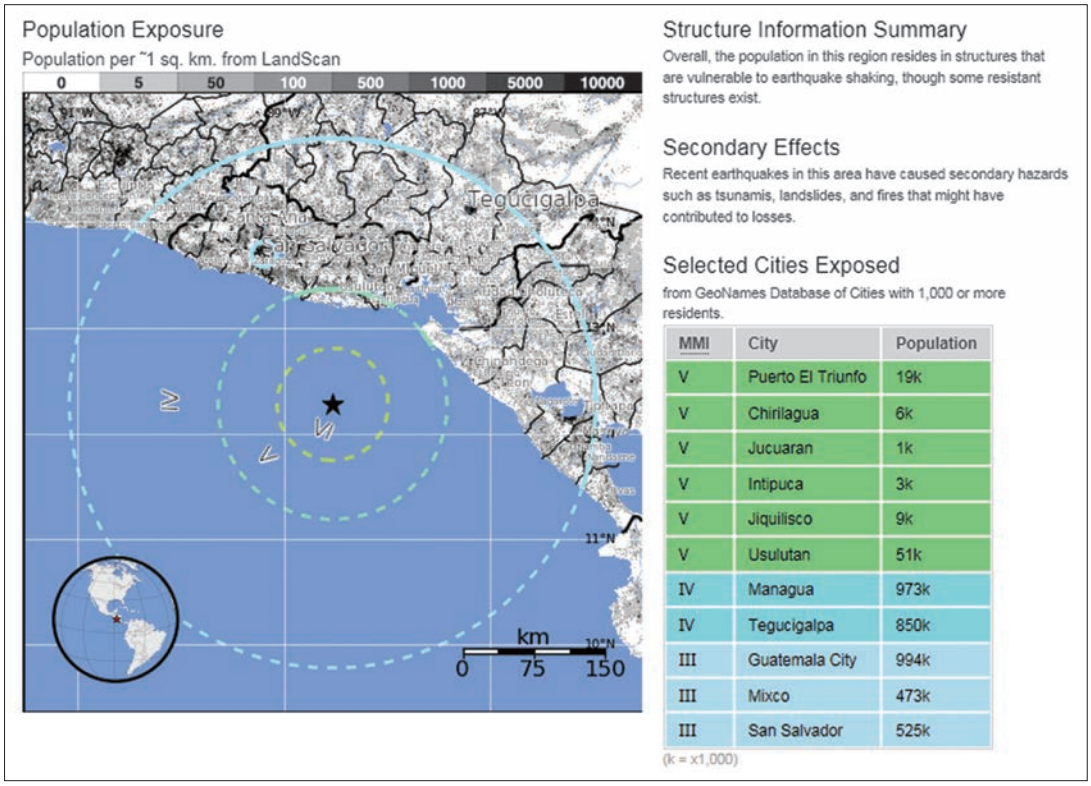


Fig. 6.17. Localización del evento sísmico de magnitud 7.4, verificado el 26 agosto 2012 a lo largo de la costa Pacífica de El Salvador (Fuente USGS).

En esa ocasión, el Centro de Alerta de Tsunamis del Pacífico (Pacific Tsunami Warning Center, PTWC) había activado una alarma para El Salvador, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Guatemala, Panamá y México, anunciando que se podría verificar un tsunami con efectos potencialmente "destructivos". Según las previsiones, el oleaje anómalo habría podido golpear en este orden: Costa Rica (en particular Cabo Santa Elena, puerto Quepos y Cabo Matapalo), luego Nicaragua (Corinto, Puerto Sandino y San Juan del Sur), El Salvador (Acajutla), Honduras (Amapala), Guatemala (Sipacate) y al final Panamá (Punta Burica, Punta Mala Balboa) y México (Puerto Madero). El PTWC, luego de haber alertado toda la zona costera de la región de América Central y de México, invitaba a las autoridades de la región a tomar medidas apropiadas en respuesta al evento previsto.

In quell'occasione il Centro di Allerta Tsunami del Pacifico (Pacific Tsunami Warning Center, PTWC) aveva lanciato un allarme per El Salvador, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Guatemala, Panama e Messico, annunciando che si sarebbe potuto verificare uno tsunami con effetti potenzialmente "distruttivi". Secondo le previsioni le onde anomale avrebbero potuto colpire nell'ordine il Costa Rica (in particolare le località di Capo San Elena, Puerto Quepos e Capo Matapalo), poi il Nicaragua (Corinto, Puerto Sandino e San Juan del Sur), El Salvador (Acajutla), Honduras (Amapala), Guatemala (Sipicate), infine Panama (Punta Burica, Punta Mala Balboa) e Messico (Puerto Madero). Il PTWC, dopo aver messo in allarme tutta la zona costiera pacifica della regione dell'America centrale e del Messico, invitava le autorità della regione a prendere misure appropriate in risposta all'evento previsto.

Un oleaje anómalo golpeó, aproximadamente una hora después del temblor, las costas de El Salvador, en el área de Usulután y Jiquilisco pero sin el carácter destructivo que se había hipotizado con anterioridad. Posteriormente la alarma de tsunami fue revocada, justo dos horas después de haber sido activada.

La zona más afectada por el evento fue la de Méndez, en la Bahía de Jiquilisco, en el sector suroriental de El Salvador. Allí se registró una ola anómala de casi dos metros de altura que penetró cerca de 300 metros tierra adentro.

Durante una inspección en el área afectada, en el mes de Octubre de 2012, se estableció que los daños fueron leves: tres personas heridas no de gravedad (una sola con fractura de brazo y pierna) y la destrucción parcial de algunas infraestructuras usadas como incubadoras de huevos de tortugas marinas, cerca del 10% de las cuales se dispersaron. En la zona, afortunadamente, las casas de habitación están de hecho ubicadas en una franja distante casi 1 km respecto de la línea costera. La caída de arbustos (Fig. 6.18) y de cercos (Fig. 6.19) y la presencia de material adosado a los arbustos (Fig. 6.20) demuestran algunos de los efectos del oleaje anómalo.

Pero causa gran perplejidad el hecho que en el intervalo transcurrido entre la activación de la alarma de tsunami por parte del PTWC, casi inmediatamente después de verificarse el primer evento sísmico y la llegada del oleaje anómalo, casi una hora después, ninguna comunicación llegó al área afectada, no obstante que en casi todo el país se tenía ya noticia de la alarma de tsunami. Esto lleva a sopesar la necesidad de un sistema eficaz de comunicación y de la organización de centros de responsabilidad local en las áreas costeras potencialmente vulnerables que puedan funcionar como puntos de recepción y difusión de alarmas y de predisposición de dispositivos de gestión de la emergencia (evacuación, identificación de itinerarios y puntos de recepción, auxilio de eventuales heridos).

Un'onda anomala ha colpito, circa un'ora dopo il sisma, le coste di El Salvador, nell'area di Usulutàn e di Jiquilisco, senza però avere carattere distruttivo come precedentemente ipotizzato. Successivamente l'allarme tsunami è stato revocato, due ore dopo essere stato lanciato.

La zona più colpita dall'evento è stata Isla de Mendez, nella Bahìa de Jiquilisco, nel settor sud-orientale di El Salvador. Qui è stata registrata un'onda anomala di circa due metri di altezza, che è penetrata di circa 300 m nell'entroterra.

Nel corso di un sopralluogo nell'area colpita, nel mese di ottobre 2012, si è appurato che i danni sono stati di lieve entità: tre persone ferite non gravemente (una sola con fratture al braccio e alla gamba) e la parziale distruzione di alcune infrastrutture utilizzate come nursery per l'incubazione di uova di tartaruga marina, circa il 10% delle quali nell'occasione sono andate disperse. Nella zona, fortunatamente, gli edifici di civile abitazione sono infatti collocati in una fascia distante quasi 1 km rispetto alla linea di costa. L'abbattimento di arbusti (Fig. 6.18) e pali di recinzione (Fig. 6.19) e la presenza di materiale addossato a cespugli (Fig. 6.20) dimostrano alcuni degli effetti dell'onda anomala.

Desta però grande perplessità il fatto che nell'intervallo intercorso tra il lancio dell'allarme tsunami da parte del PTWC, quasi immediatamente dopo il verificarsi del primo evento sismico, e l'arrivo dell'onda anomala, circa 1 ora dopo, nessuna comunicazione sia arrivata nell'area colpita, nonostante in quasi tutto il paese si fosse già a conoscenza dell'allarme tsunami. Questo porta a considerare la necessità di un efficace sistema di comunicazione e dell'organizzazione di centri di responsabilità locale nelle aree costiere potenzialmente vulnerabili, che possano fare da punto di raccolta e diffusione dell'allarme e di predisposizione dei dispositivi di gestione dell'emergenza (evacuazione, individuazione di itinerari e punti di raccolta, soccorso di eventuali feriti).



Fig. 6.18. Arbustos abatidos por la onda anómala.



Fig. 6.19. Palos de cerca inclinados según el rumbo de la onda.



Fig. 6.20. Material acumulado por la onda en contra de los arbustos que han servido de abstáculo.

Capítulo 7

LA NUEVA FRONTERA DE LOS PRECURSORES

LA NUOVA FRONTIERA DEI PRECURSORI

Precursores de la actividad volcánica y sísmica

Precursori di attività vulcanica e sismica

Premisa

Cuando se habla de sistemas indicadores de un potencial evento volcánico y/o sísmico, generalmente se piensa en tener ciertas seguridades interpretativas. El objeto de ilustrar en esta sede algunos de los más importantes sistemas de monitoreo del territorio es el de dar una idea de cómo sea posible, incluso con inversiones no onerosas, comenzar a implementar una actividad de base que pueda ser útil en el futuro. Está claro que para determinar variables es sin duda necesario conocer adecuadamente la que comúnmente se define como línea de base o ruido de fondo. Precursores de un evento natural se consideran todas variables que antes del evento "cambian" respecto de una fase de normalidad estudiada y conocida.

No esperamos respuestas definitivas a un problema como la previsión de una erupción o un terremoto, pero en el último decenio se han dado muchos avances. Por otro lado, se necesitan otros pasos para lograr una previsión temporal y establecer la magnitud de los eventos naturales.

Premessa

Quando si parla di sistemi indicatori di un potenziale evento vulcanico e/o sismico, generalmente si pensa di avere delle sicurezze interpretative. Lo scopo di questo paragrafo è quello di illustrare alcuni fra i più importanti sistemi di monitoraggio del territorio e di dare un'idea di come sia possibile con investimenti anche non gravosi cominciare ad effettuare un'attività di base che possa servire per il futuro. E' chiaro che per determinare variabili è oltremodo necessario conoscere adeguatamente quella che viene definita comunemente come linea di base o rumore di fondo. Precursori di un evento naturale sono considerate tutte le variabili che prima dell'evento "cambiano" rispetto ad una fase di normalità studiata e conosciuta.

Non ci aspettiamo risposte definitive rispetto ad un problema come la previsione di una eruzione o di un terremoto, ma molti passi avanti nell'ultimo decennio sono stati fatti, altri passi sono necessari per arrivare ad una previsione temporale e di stabilire la magnitudo degli eventi naturali.

7.1

Introducción a los precursores de la actividad volcánica

Introduzione ai precursori di attività vulcanica

Las erupciones volcánicas se verifican cuando el magma, proveniente del interior de la Tierra, es expulsado a la superficie. Las erupciones pueden acaecer desde la boca del volcán, como fue el caso del Santa Ana en El Salvador y el de Fuego en Guatemala (fuente: INSIVUMEH – Guatemala) o a través de bocas que se abren en diferentes puntos, como lo fue en el caso de Campi Flegrei (Campania – Italia), o como en el volcán Boquerón en El Salvador (fuente: Centro de Investigaciones Geotécnicas – El Salvador).

Le eruzioni vulcaniche si verificano quando il magma, proveniente dall'interno della Terra, fuoriesce in superficie. Le eruzioni possono avvenire dalla bocca del vulcano come per il Santa Ana in El Salvador ed il Fuego in Guatemala (fonte: INSIVUMEH – Guatemala) o da bocche che si aprono in punti diversi come nel caso dei Campi Flegrei (Campania – Italia), o come il vulcano Boqueron in El Salvador (fonte: Centro Investigaciones Geotecnicas – El Salvador).

Por medio del estudio y el monitoreo de parámetros relacionados con las actividades de naturaleza volcánica se pueden identificar, en la mayoría de los casos, unos fenómenos geológicos, geofísicos y geoquímicos que indican un cambio de estado del volcán.

La reducción del riesgo pasa, por tanto, a través de la posibilidad de poder efectuar actividades de monitoreo, que puedan contribuir a la previsión de una erupción.

Cuando se habla de precursores debe quedar claro que si es posible, a menudo, prever una actividad volcánica, determinar con exactitud su fecha es, actualmente, difícil y lo es aún más determinar la magnitud, la violencia y la duración.

Los principales fenómenos que pueden determinar una "alerta temprana" generalmente son constituidos por la aparición de fracturas causadas por tensiones mecánicas, por el "hinchamiento" de parte del edificio volcánico (causado por la intrusión de magma), la variación de flujos de gas desde el suelo, el cambio de la composición química de los gases, la actividad sísmica, las variaciones del campo magnético y/o gravimétrico en el área volcánica, las variaciones de la relación entre el Radón 222 y el Radón 220, la variación isotópica del agua de los mantos y del vapor que sale de las fumarolas.

Más precisamente, durante el monitoreo de un volcán, se observan fenómenos físicos y químicos que pueden ser evaluados en forma significativa sobre todo cuando se dispone de una "historia" eruptiva y de datos pasados que puedan dar soporte a una eventual alarma a las poblaciones en riesgo. Existe la posibilidad de un monitoreo continuo para el registro de uno o más parámetros considerados importantes y un monitoreo que prevé la presencia humana y que satisface igualmente las exigencias de recolección de datos de manera puntual pero con cadencia fija y es el más frecuentemente posible.

7.1.1 Deformaciones del suelo

Una inyección de magma por debajo o dentro de un edificio volcánico provoca normalmente una pequeña pero relevante hinchazón (inflación), temporal o permanente, del aparato mismo. Al darse una erupción o la migración del magma por fisuras laterales, puede provocar un desinflamiento del edificio (deflación). Algunos ejemplos históricos de deformaciones del

Attraverso lo studio ed il monitoraggio di parametri relazionati alle attività di natura vulcanica si possono individuare, nella maggior parte dei casi, dei fenomeni geologici, geofisici e geochimici che indicano un cambiamento di stato del vulcano.

La riduzione del rischio passa quindi attraverso la possibilità di poter effettuare delle attività di monitoraggio, che possano contribuire alla previsione di una eruzione.

Quando si parla di precursori deve essere chiaro che se è possibile spesso prevedere una attività vulcanica, determinarne con esattezza la data è, attualmente, difficile ed ancor più difficile è determinarne la magnitudo, la violenza e la durata.

I principali fenomeni che possono determinare "un'allerta precoce" in genere sono costituiti dall'innesco di fratture causate da tensioni meccaniche, dal "rigonfiamento" di parte dell'edificio vulcanico (causato dall'intrusione di magma), la variazione di flussi di gas dal suolo, il cambiamento della composizione chimica dei gas, attività sismica, variazioni di campo magnetico e/o gravimetrico nell'area vulcanica, la variazione del rapporto fra Radon 222 e Radon 220, la variazione isotopica delle acque di falda e del vapore che fuoriesce dalle fumarole.

Più precisamente, durante il monitoraggio di un vulcano, si osservano fenomeni fisici e chimici che possono essere valutati in maniera significativa soprattutto quando è disponibile una "storia" eruttiva e dati pregressi che possono supportare l'eventualità di un allarme alle popolazioni a rischio. Esiste la possibilità di un monitoraggio in continuo per la registrazione di uno o più parametri ritenuti importanti ed un monitoraggio che prevede la presenza umana e che soddisfa comunque le esigenze di raccolta dati in maniera puntuale ma con cadenza fissa ed il più possibile frequente.

7.1.1 Deformazioni del suolo

Un'iniezione di magma al di sotto o all'interno di un edificio vulcanico provoca normalmente un piccolo ma rilevabile rigonfiamento (inflazione), temporaneo o permanente, dell'apparato stesso. Il verificarsi di un'eruzione o la migrazione del magma in fessure laterali, può provocare uno sgonfiamento dell'edificio (deflazione).

suelo qua han acompañado o precedido a algunas erupciones son los del Monte Nuovo en Campi Flegrei (Parascandola, 1947), la re-hinchazón de un campo arado antes de la erupción del Paricutín (México) de 1943 y la erupción del volcán Usu (Japón) de 1944. No siempre las deformaciones del suelo en áreas volcánicas son inmediatamente seguidas por erupciones, a veces no lo son para nada como en el caso de Campi Flegrei en Campania (Italia) donde con ocasión de un alzamiento del suelo, en algunos sitios hasta de tres metros de altura, como ha sucedido en los episodios de los últimos 40 años, no corresponde ninguna actividad eruptiva, no obstante tratarse de una caldera volcánica. Por ejemplo, los levantamientos de tierra de la zona de Campi Flegrei en 1970 y 1982 no han marcado, hasta la fecha, el inicio de una actividad eruptiva. Las deformaciones del suelo son medidas con dispositivos que usan redes geodésicas y/o sistemas satelitales.

Ejemplos de uso (fuente: INGV secc. de Catania):

En Italia se da amplio uso de esta metodología en las áreas volcánicas del sur del país, en particular en Campania y en Sicilia. Italia ostenta una buena red de monitoreo en varios sectores, entre los cuales el relativo a la deformación del suelo. En la fig. 7.1 se muestra la red presente en la isla volcánica de Estrómboli en Sicilia.

Alcuni esempi storici di deformazioni del suolo che hanno accompagnato o preceduto alcune eruzioni sono, quelli di Monte Nuovo nei Campi Flegrei (Parascandola, 1947), il rigonfiamento di un campo arato prima dell'eruzione del Paricutin (Messico) del 1943 e l'eruzione del vulcano Usu (Giappone) del 1944. Non sempre le deformazioni del suolo in aree vulcaniche sono immediatamente seguite da eruzioni, talvolta non lo sono affatto come nel caso dei Campi Flegrei in Campania (Italia) dove ad un innalzamento del suolo talvolta di oltre tre metri, come accaduto negli episodi degli ultimi 40 anni, non corrisponde nessuna attività eruttiva, pur essendo una caldera vulcanica. Ad esempio, i sollevamenti della zona dei Campi Flegrei nel 1970 e 1982 non hanno, a tutt'oggi, segnato l'inizio di una ripresa di attività eruttiva. Le deformazioni del suolo vengono misurate con dispositivi che utilizzano le reti geodetiche e/o sistemi satellitari.

Esempi di uso (fonte: INGV sez. di Catania):

In Italia si fa largo uso di questa metodologia nelle aree vulcaniche del sud del paese, in particolare in Campania ed in Sicilia. L'Italia può vantare una buona rete di monitoraggio nei vari settori, fra cui quello che riguarda la deformazione del suolo. In fig. 7.1 viene mostrata la rete presente nell'isola vulcanica di Stromboli in Sicilia.

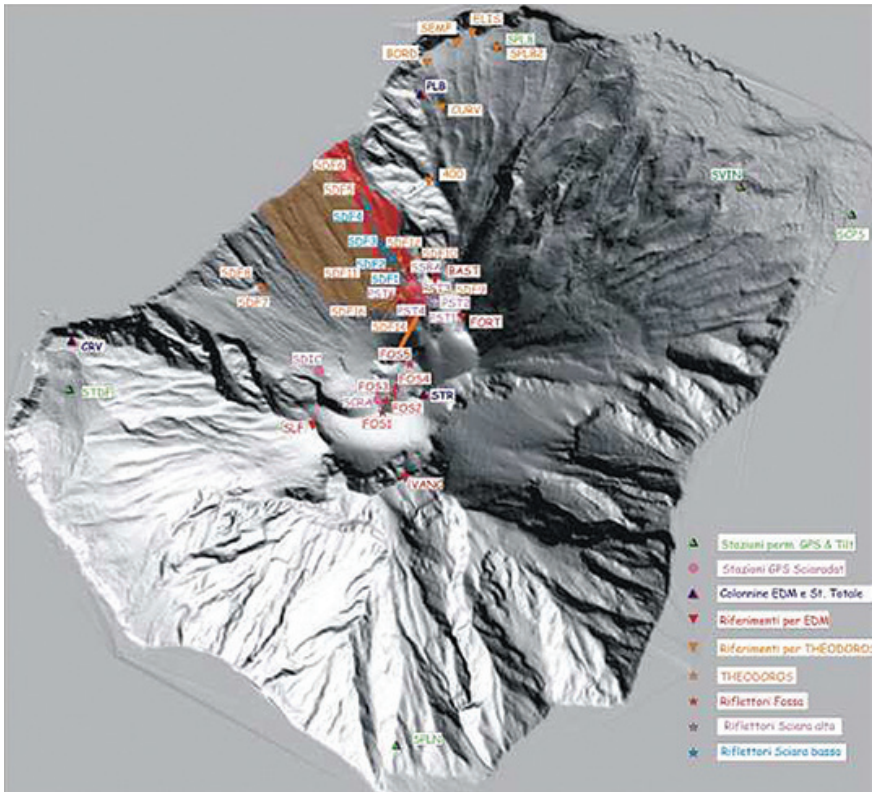


Fig. 7.1 - Redes GPS y Clinométrica de la Isla de Estrómboli (de INGV-secc. de Catania).

Durante la erupción de 2002-2003 fue instalado en Estrómboli un nuevo sistema de monitoreo denominado THEODOROS (fig.7.2), basado en una estación totalmente robotizada capaz de ejecutar mediciones contemporáneas de distancia y ángulos para el posicionamiento de una red de reflectores localizados dentro de la "Sciara del Fuoco" ("Río de fuego"). La red GPS, permanente en Estrómboli, fue instalada en 1997. Con ocasión de la erupción de 2002-2003, este sistema de monitoreo fue potenciado con la incorporación de 4 estaciones (Red SciaraDat), tres de las cuales han sido destruidas durante una erupción propia de la actividad del volcán. La red SciaraDat ha permitido obtener datos utilísimos ya sea para la evaluación del riesgo inherente a la estabilidad de la Sciara como para el funcionamiento del volcán en caso de episodios explosivos paroxísticos, como el evento del 5 de Abril de 2003.

Las redes geodésicas (fig. 7.3) son usadas como instrumento de medición de las deformaciones del suelo en el Etna desde hace varios decenios. Sobre el volcán existen más de 150 estaciones base cuya posición es medida durante campañas geodésicas (EDM o GPS) que se llevan a cabo, según el caso, anualmente o cuatrimestralmente.

En el transcurso de eventos eruptivos, o igualmente cuando la dinámica del volcán lo sugiere, se organizan campañas de medición con intervalos temporales adecuados (de pocos días hasta casi de continuo) y sobre bases seleccionadas en función de la dinámica que se quiere monitorear.



Fig. 7.2 - Sistema de monitoreo THEODOROS. Instalación en Estrómboli del sensor para la medición de distancias y ángulos (Estación Total); al fondo, la "Sciara del Fuoco" y los Cráteres (de INGV sec. de Catania).

Nel corso dell'eruzione del 2002-2003 è stato installato a Stromboli un nuovo sistema di monitoraggio, denominato THEODOROS (fig. 7.2), basato su una stazione totalmente robotizzata in grado di eseguire misure contemporanee di distanze ed angoli per il posizionamento di una rete di riflettori localizzati all'interno della "Sciara del Fuoco". La rete GPS permanente a Stromboli è stata installata nel 1997. In occasione dell'eruzione 2002-2003, questo sistema di monitoraggio è stato potenziato con l'aggiunta di 4 stazioni (Rete SciaraDat), tre delle quali sono state distrutte nel corso dell'eruzione dall'attività del vulcano. La rete SciaraDat ha permesso di rilevare dati utilissimi ai fini sia della valutazione del rischio connesso all'istabilita' della Sciara sia del funzionamento del vulcano in caso di episodi esplosivi parossistici, come l'evento del 5 Aprile 2003.

Le reti geodetiche (fig. 7.3) sono utilizzate come strumento di misura delle deformazioni del suolo sull'Etna da diversi decenni. Sul vulcano esistono oltre 150 capisaldi la cui posizione viene misurata nel corso di campagne geodetiche (EDM o GPS) che vengono svolte, a seconda dei casi, annualmente o quadrimestralmente.

Nel corso di eventi eruttivi, o comunque quando la dinamica del vulcano lo suggerisce, si conducono campagne di misura con adeguati intervalli temporali (da pochi giorni fino quasi in continuo) e su capisaldi selezionati in funzione della dinamica che si vuole monitorare.

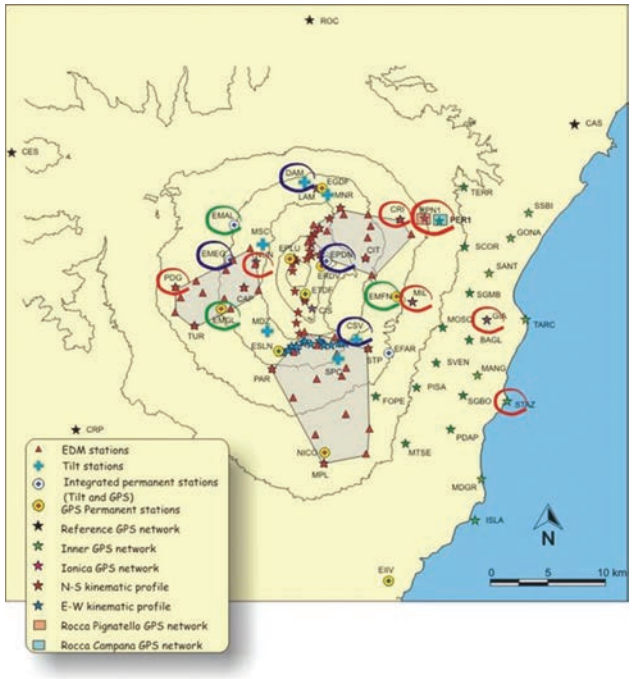


Fig. 7.3 - Red geodésica del volcán Etna (de INGV Sec. de Catania)

Hasta el evento eruptivo, el cuadro deformante a escala del volcán ha estado caracterizado por una inflación general, luego de los últimos eventos eruptivos (2001 y 2002-2003).

Actualmente, en la caldera del volcán Solfatara (Pozzuoli – Italia) las mediciones del fenómeno de bradisismo están bajo el control de una red satelital. El fenómeno del bradisismo de Pozzuoli es de datación antigua y se desarrolla en fase ya sea ascendente como descendente. En la fig. 7.4 se puede notar que el más reciente fenómeno de una discreta relevancia se tuvo de 1982 a 1984, luego de lo cual inició la fase de subsidencia. Las actividades de levantamiento del suelo de una cierta importancia non han sido jamás precursores de una actividad eruptiva.

Fino all'evento eruttivo, il quadro deformativo a scala del vulcano è stato caratterizzato da una generale inflazione, a seguito degli ultimi eventi eruttivi (2001 e 2002-2003).

Attualmente nella caldera del vulcano Solfatara (Pozzuoli – Italia) le misurazioni del fenomeno di bradisismo sono controllate attraverso una rete satellitare. Il fenomeno del bradisismo di Pozzuoli è di antica datazione e si sviluppa sia in fase ascendente che discendente. In fig. 7.4 si può notare che l'ultimo fenomeno di una discreta rilevanza si è avuto dal 1982 al 1984, dopo di che è iniziata la fase di subsidenza. Le rilevanti attività di sollevamento del suolo non sono mai state precursori di una attività eruttiva.

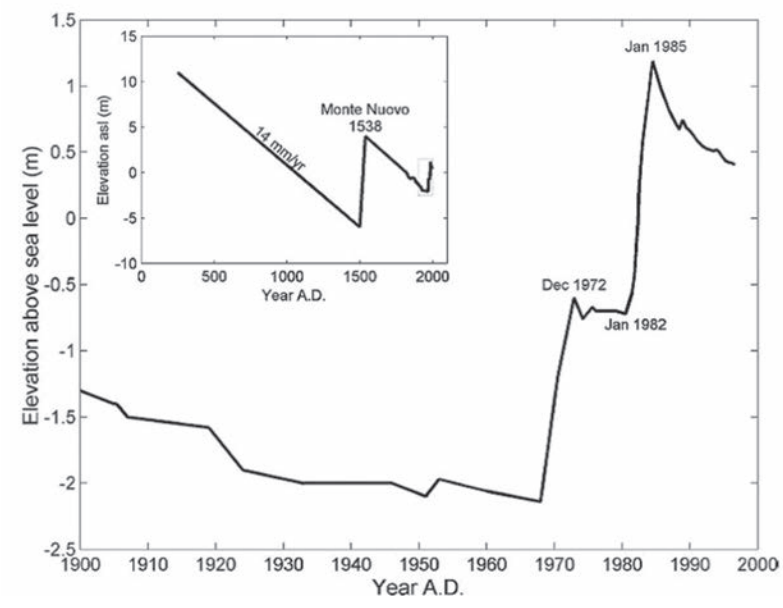


Fig. 7.4 – Deformación del suelo en Pozzuoli, Corso Umberto, Nápoles (Fuente INGV sec. Nápoles)

7.1.2 Sismicidad en áreas volcánicas (Fuente: "Vulcanologia: Principi Fisici e metodi di indagine" de R.Scandone y L.Giacomelli, publicado por Liguori en 1998)

Una variación de las condiciones de presión en la cámara magmática o una migración del magma pueden ser causa de actividad sísmica por debajo de un volcán. En el caso de las erupciones volcánicas, la experiencia indica que, a veces, el número de los terremotos aumenta con inminencia de la erupción. A veces, un aumento de la sismicidad, como en el caso del registro de un enjambre sísmico, es decir, de centenares de terremotos en poco tiempo, sucede sin ser seguido por una erupción. Los

7.1.2 Sismicità in aree vulcaniche - (Fonte: "Vulcanologia: Principi Fisici e metodi di indagine" di R.Scandone e L.Giacomelli pubblicato da Liguori nel 1998)

Una variazione delle condizioni di pressione nel serbatoio magmatico o una migrazione di magma possono causare attività sismica al di sotto di un vulcano. Nel caso delle eruzioni vulcaniche, l'esperienza indica che a volte il numero dei terremoti aumenta con l'approssimarsi dell'eruzione. A volte, un aumento della sismicità, come nel caso della registrazione di uno sciame sismico, cioè di centinaia di terremoti in poco tempo, avviene senza essere seguito da un'eruzione. I precursori sismici possono avere

precursores sísmicos pueden tener intervalos de tiempo muy variables de volcán a volcán e incluso de erupción a erupción en el mismo volcán. Algunos precursores sísmicos han sido seguidos por una erupción a distancia de un año o más (ej. Krakatoa, 1883; Nevado del Ruiz, 1985), pero en la mayor parte de los casos los tiempos son de semanas o de meses (St. Helens, 1980; Pinatubo, 1991). En algunos casos, los precursores sísmicos son advertidos pocos días u horas antes de la erupción (Krafla, Islandia, 1975-82); gran parte de las erupciones del Kilauea y del volcán Usu, (1977).

La vigilancia sísmica de un área volcánica consiste en observar los terremotos que en ella suceden, en catalogarlos y en intentar comprender si los mismos muestran una marcha más o menos regular en el espacio y en el tiempo. La red sismográfica está destinada a la medición de estos fenómenos. En la fig. 7.5 se muestra el número de sismos diarios durante la fase del bradisismo del volcán Solfatara (Italia) de la cual se hablaba en el capítulo dedicado a la deformación del suelo.

intervalli di tempi molto variabili da vulcano a vulcano e anche da eruzione a eruzione nello stesso vulcano. Alcuni precursori sismici sono stati seguiti da un'eruzione a distanza di un anno o più (es. Krakatoa, 1883; Nevado del Ruìz, 1985), ma nella maggior parte dei casi i tempi sono di settimane o di mesi (St. Helens, 1980; Pinatubo, 1991). In alcuni casi i precursori sismici si avvertono pochi giorni o ore prima dell'eruzione (Krafla, Islanda, 1975-82); gran parte delle eruzioni del Kilauea ed il vulcano Usu, (1977).

La sorveglianza sismica di un'area vulcanica consiste nell'osservare i terremoti che vi avvengono, nel catalogarli e nel cercare di capire se essi mostrano andamenti più o meno regolari nello spazio e nel tempo. La rete sismografica è deputata alla misurazione di questi fenomeni. In fig. 7.5 è mostrato il numero di sismi giornalieri durante la fase del bradisismo del vulcano Solfatara (Italia) di cui si parlava nel capitolo dedicato alla deformazione del suolo.

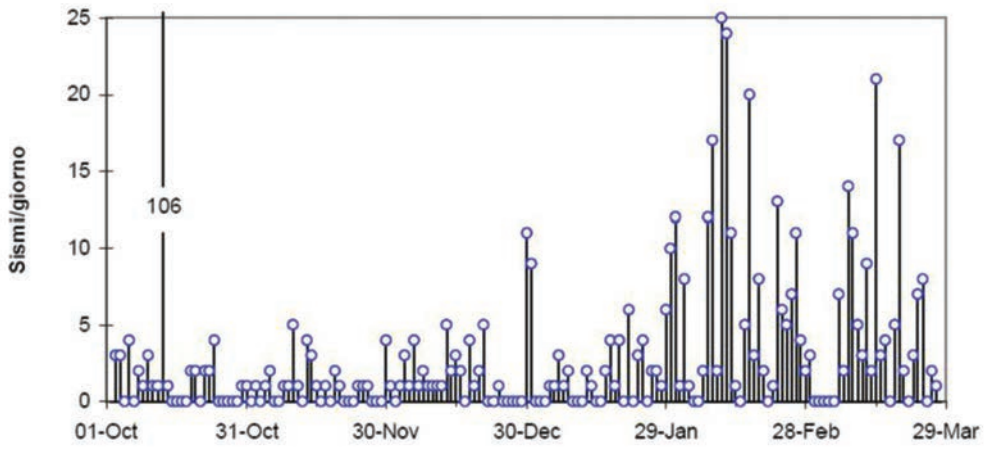


Fig. 7.5 - Pozzuoli, número de sismos diarios, fase de bradisismo 1982-83 (Fuente: Osservatorio Vesuviano)

El 15 de Junio de 1991 hubo una erupción explosiva sobre la montaña Pinatubo (fig. 7.6) en las Filipinas. Es considerada una de las más grandes explosiones jamás acaecidas en un área densamente poblada. La erupción provocó avalanchas de gas y cenizas incandescentes, avalanchas de logo y nubes de cenizas por centenares de kilómetros. El 16 de Julio de 1990, por tanto un año antes de la explosión del volcán, a cien km de Manila (Noreste del volcán) un terremoto de magnitud 7.8 grados dio claras señales premonitorias de una posible actividad volcánica. En Marzo y hasta Junio de 1991, la expulsión del magma fue acompañada por actividad sísmica.

Il 15 giugno del 1991 c'è stata una eruzione esplosiva sulla montagna Pinatubo (fig. 7.6) nelle Filippine. E' considerata una delle più grandi esplosioni mai avvenute in un area densamente popolata. L'eruzione ha provocato valanghe di gas e cenere incandescenti. Valanghe di fango e nubi di cenere per centinaia di chilometri. Il 16 luglio del 1990, quindi un anno prima della esplosione del vulcano, a cento km da Manila (Nord-Est del vulcano) un terremoto di magnitudo 7,8 ha dato chiari segnali premonitori di una possibile attività vulcanica. In marzo e fino al giugno 1991 la risalita di magma è stata accompagnata da attività sismica.

Otro importante volcán, el St. Helens (EE. UU.) preanunció la reactivación de la actividad eruptiva con siete días de "anticipación" por medio de actividad sísmica y deformación del suelo, seguida luego de dos meses por la erupción mayor.

En Japón, el volcán Usu dio claras señales de actividad sísmicas antes del evento eruptivo (Fig. 7.7).

Un altro importante vulcano, il St. Helens (USA) ha preannunciato la ripresa dell'attività eruttiva con sette giorni di "anticipo" per mezzo di attività sismica e deformazioni del suolo, seguita dopo due mesi dall'eruzione maggiore.

In Giappone il vulcano Usu ha dato chiari segnali di attività sismica prima dell'evento eruttivo (Fig. 7.7).



Fig. 7.6 – Pinatubo, zonas de evacuación en la erupción de 1991 (fuente: Instituto de Vulcanología y Sismología Filipino (PHIVOLCS). Efectos de la erupción. (fuente: Wikipedia)

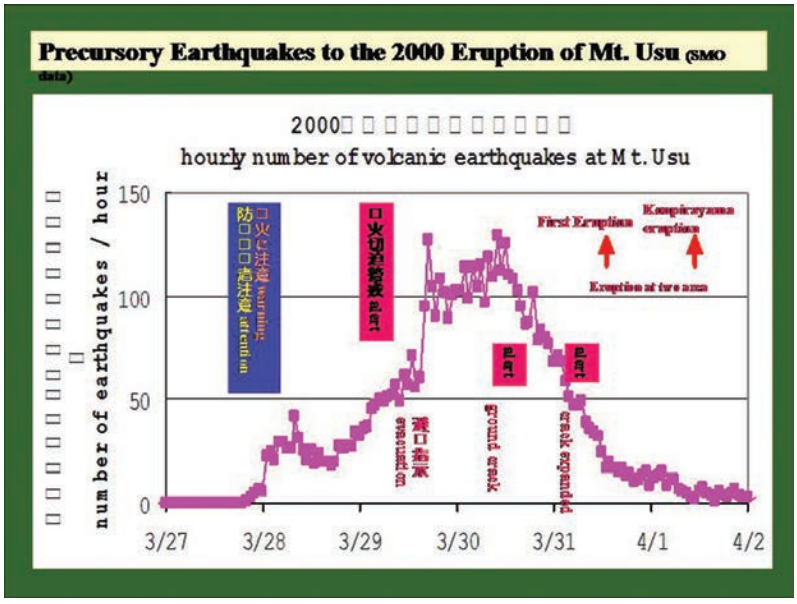


Fig. 7.7 - Precursores sísmicos registrados en el volcán Usu (Japón) (fuente: Hiromu Okada - Hokkaido University)

7.1.3 Variación de los flujos de gases

Es uno de los métodos usados a gran escala en el monitoreo volcanológico, por ser simple y económico. Se trata de verificar en un área volcánica el flujo del gas generalmente más abundante, el CO_2.

En la inminencia de un evento volcánico los flujos de gas aumentan estadísticamente en forma significativa. El flujo de los gases depende a menudo de la proximidad del magma a la superficie y es más fácil la expulsión de cantidades de gas que se liberan siendo sometidos a presiones menores. La mayor parte del gas se escapa a través de los conductos principales del volcán, mientras una parte lo hace por medio de las fracturas del terreno que se forman a causa de actividad volcánica o debidas a la corrosión causada por gases ácidos.

El monitoreo se efectúa con aparatos particulares definidos "cámaras de acumulación" y colocados en varios puntos considerados significativos en el área volcánica, incluso en cercanías de terrenos fracturados. Estos aparatos científicos pueden ser de tipo fijo o de tipo móvil. Para una campaña de medición, con una duración de 5 minutos aproximados cada una, es seguramente preferible una instrumentalización móvil (fig. 7.8). Para un monitoreo de volcanes sobre los cuales no es posible realizar actividades de esa índole, porque se encuentran lejos de los centros de investigación o por dificultad de cercanía, es preferible un método con una estructura fija (fig. 7.9) protegida de eventos atmosféricos y/o del vandalismo. Comúnmente, a la medición de los parámetros de flujo del CO_2 se le unen las mediciones de la presión atmosférica, de la humedad relativa del aire, de la velocidad y dirección del viento y de la pluviosidad. Tales parámetros pueden influir al flujo de gas en remontada.

Sobre el volcán Estrómboli (Islas Eolias, Italia) se efectuaron mediciones automáticas del 2006 al 2010, constatando que cada una de las doce explosiones fue precedida de un aumento notable del flujo de CO_2. Al contrario, en el volcán Etna (Sicilia, Italia), el final de la erupción fue precedido por una disminución del flujo de CO_2 (fig. 7.10).

7.1.3 Variazione dei flussi di gas

E' uno dei metodi usati in larga scala nel monitoraggio vulcanologico, in quanto semplice ed economico. Si tratta di verificare su una area vulcanica il flusso del gas generalmente più abbondante, quello della CO_2.

In prossimità di un evento vulcanico i flussi di gas aumentano statisticamente in maniera significativa. Il flusso dei gas dipende spesso dall'avvicinamento del magma alla superficie ed è più facile il rilascio di quantità di gas che si liberano essendo sottoposti a minori pressioni. La maggior parte del gas sfugge attraverso i condotti principali del vulcano, mentre una parte attraverso le fratture del terreno che si formano a causa di attività vulcanica o dovute alla corrosione da parte di gas acidi.

Il monitoraggio si effettua con particolari attrezzature definite "camere di accumulo" e posizionate in vari punti ritenuti significativi nell'area vulcanica, anche in prossimità di terreno fratturato. Queste attrezzature scientifiche possono essere di tipo fisso o di tipo mobile. Per una campagna di misure, della durata di circa 5 minuti ciascuna, è sicuramente preferibile una attrezzatura mobile (fig. 7.8). Per un monitoraggio di vulcani su cui non è possibile svolgere attività di monitoraggio perché sono lontani dai centri di ricerca o per difficoltà di avvicinamento è preferibile un metodo con una struttura fissa (fig. 7.9) protetta da eventi atmosferici e/o vandalismi. Di solito, alla misurazione dei parametri di flusso della CO_2 si uniscono le misurazioni della pressione atmosferica, dell'umidità relativa dell'aria, della velocità e direzione del vento, e della piovosità; tali parametri possono influenzare il flusso del gas in risalita.

Sul vulcano Stromboli (Isole Eolie, Italia) sono state effettuate misurazioni automatiche dal 2006 al 2010, rilevando che ciascuna delle dodici esplosioni è stata preceduta da un aumento notevole del flusso di CO_2. Al contrario, sul vulcano Etna (Sicilia, Italia), la fine dell'eruzione è stata preceduta da una diminuzione del flusso di CO_2 (fig. 7.10).



Fig. 7.8 - Cámara de acumulación móvil. Volcán de Masaya - Nicaragua



Fig. 7.9 – Cámara de acumulación fija. Volcán Masaya Nicaragua.

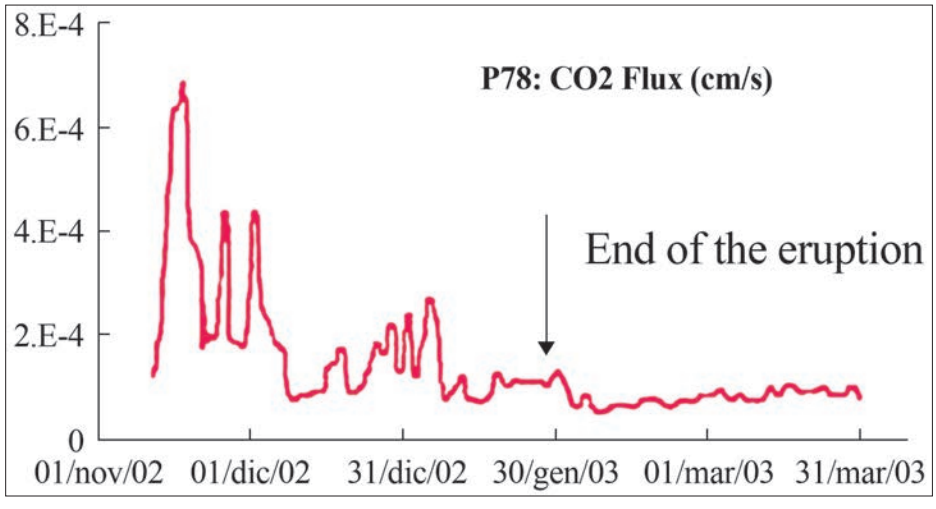


Fig. 7.10 - Desempeño del flujo de CO_2 en relación con el fin de la erupción del Etna en 2002-2003. (fuente: INGV Palermo)

7.1.4 Variaciones de las relaciones entre especies químicas en los gases

"Los gases son un telegrama desde las profundidades de la tierra", decía comúnmente el Prof. Sadao Matsuo (Universidad de Tokyo– Japón).

La composición química de los gases de fumarolas, casi siempre presentes en los volcanes activos, depende de las condiciones termodinámicas en las que se encuentran. Cada variación de temperatura y de presión que se da en el momento de la formación de los gases produce una variación en las relaciones entre los componentes presentes en el fluido gaseoso. Esta metodología permite poder prever, a veces con meses de anticipación, una actividad eruptiva. La remontada de los gases hacia la superficie es rápida (un telegrama) y la información de lo que sucede en las profundidades mediante la recolección de muestras y el sucesivo análisis en el laboratorio permite monitorear los cambios en las relaciones entre los componentes gaseosos; en poco tiempo se elaboran escenarios de posibles actividades eruptivas. Es un método de control muy usado dada su economía y velocidad en la adquisición de datos.

La recolección de las muestras se da en ampollas de vidrio al vacío (fig. 7.11) en las cuales se encuentran 50 cc de NaOH. El Hidróxido de Sodio reacciona con los gases ácidos (SO_2, H_2S, CO_2, HCl), enriqueciendo los gases "residuales" que son analizados a través del método de cromatografía de gases. Los otros componentes son analizados por vía líquida, para permitir el cálculo de la composición real de la muestra obtenida. Este método tiene la ventaja de poder determinar, entre otras cosas, la relación gas-vapor que constituye un elemento importante para la evaluación de la actividad volcánica. En la fig. 7.12 están presentes dos diagramas (Tassi F., Vaselli O., Caprai A. – 2003) que representan un cambio en las relaciones entre gases reactivos inorgánicos y orgánicos que han sido indicadores de una evolución de la actividad volcánica que ha llevado a erupciones y sismicidad hasta hoy (fuente: OVSICORI – Costa Rica).

En la fig. 7.13 se evidencia la correspondencia entre el bradisismo y la relación entre los gases reactivos (Caprai, 2005). El diagrama triangular entre gas metano, sulfuro de hidrógeno e hidrógeno muestra un desenvolvimiento de tipo cíclico (que se repite desde que se inició el monitoreo en 1983) que indica en fase descendiente la llegada de un alzamiento del suelo y viceversa. No son posibles, por el momento, indicaciones sobre la amplitud del fenómeno.

7.1.4 Variazioni dei rapporti fra specie chimiche nei gas

"I gas sono un telegramma dalle profondità della terra" diceva comunemente il Prof. Sadao Matsuo (Università di Tokyo - Giappone)

La composizione chimica dei gas fumarolici, quasi sempre presenti sui vulcani attivi, dipende dalle condizioni termodinamiche in cui si trovano. Ogni variazione di temperatura e pressione che si verifica all'atto della formazione dei gas produce una variazione nei rapporti fra le specie presenti nel fluido gassoso. Questa metodologia permette di poter prevedere, talvolta con mesi di anticipo, una attività eruttiva. La risalita dei gas verso la superficie è rapida (un telegramma) e le informazioni di ciò che accade in profondità mediante la raccolta dei campioni e la successiva analisi in laboratorio permette di monitorare i cambiamenti nei rapporti fra le specie gassose; in tempi brevi vengono elaborati scenari di possibili attività eruttive. E' un metodo di monitoraggio molto usato data la sua economicità e velocità di acquisizione dati.

La raccolta dei campioni avviene in ampolle in vetro sotto vuoto (fig. 7.11) in cui si trovano 50 cc di NaOH. L'idrossido di sodio reagisce con i gas acidi (SO_2, H_2S, CO_2, HCl) arricchendo i gas "residui" che vengono analizzati per via gascromatografica. Gli altri componenti vengono analizzati per via umida, per consentire il calcolo della composizione reale del campione raccolto. Questo metodo ha il vantaggio di poter determinare, fra l'altro, il rapporto gas/vapore che costituisce elemento importante per la valutazione dell'attività vulcanica. In fig. 7.12 sono presenti due diagrammi esemplificativi (Tassi F., Vaselli O., Caprai A. - 2003) che rappresentano un cambiamento nei rapporti fra gas reattivi inorganici ed organici che sono stati indicatori di una evoluzione dell'attività vulcanica che ha portato ad eruzioni e sismicità fino ad oggi (fonte: OVSICORI - Costa Rica).

In fig. 7.13 è evidenziata la corrispondenza fra il bradisismo ed il rapporto fra i gas reattivi (Caprai, 2005). Il diagramma triangolare fra gas metano, idrogeno solforato ed idrogeno mostra un andamento di tipo ciclico (che si ripete da quando è iniziato il monitoraggio nel 1983) che indica in fase discendente un approssimarsi dell'innalzamento del suolo e viceversa. Non sono possibili, al momento, indicazioni sulla ampiezza del fenomeno.



Fig. 7.11 – Muestreo de gas en el Volcán Poas (Costa Rica).

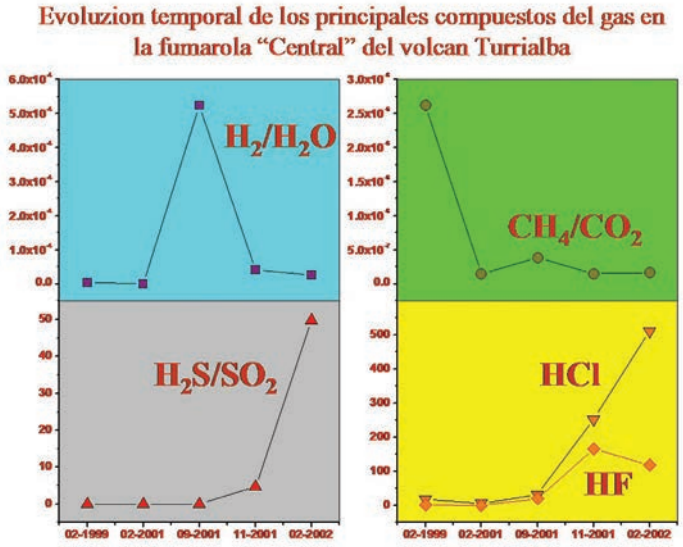


Fig. 7.12 - Ejemplo de variación en las relaciones entre gases (Volcán Turrialba - Costa Rica)

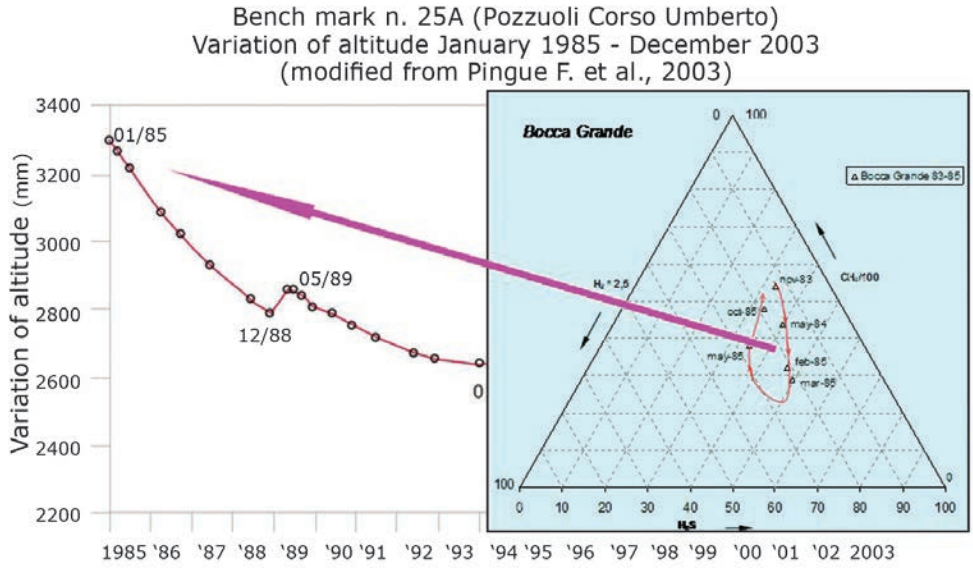


Fig. 7.13 – Desempeño de las relaciones entre gases reactivos y bradisismo en Pozzuoli.

7.1.5 Variación en los isótopos estables en los gases y en el agua

La geoquímica de los fluidos comprende, además de la geoquímica de los gases, también la posibilidad de verificar la constancia de las relaciones isotópicas. También en las aguas recolectadas en las cercanías de edificios volcánicos, las relaciones isotópicas en el hidrógeno y en el oxígeno representan importantes métodos de monitoreo.

Estos datos sirven de base a todas aquellas actividades de sostén para la formulación de un modelo geoquímico que tenga presente más variables. La composición isotópica a menudo varía con el cambio de la circulación de los fluidos debida a la apertura de fracturas y a contribuciones que llegan al manto acuífero. Se trata, por tanto, de un monitoreo que indica una actividad volcánica en curso.

Las actividades de monitoreo de los isótopos estables en los gases y en el agua ($^{3}He/^{4}He$, D/H_2, $^{18}O/^{16}O$, $^{13}C/^{14}C$, etc.) constituyen, hoy en día, uno de los instrumentos más usados para comprender ya sea el origen de los gases como la evolución de una actividad eruptiva.

El muestreo y los sucesivos análisis requieren de la posibilidad del uso de un instrumento muy sofisticado llamado espectrómetro de masa, de costo muy elevado, como el del laboratorio del CNR – IGG de Pisa que se usa para efectuar los análisis de muestras que provienen de diferentes sitios.

La fig. 7.14 deja ver el muestreo de vapor en la azufrera de Pozzuoli (Italia) para la determinación del contenido isotópico en el hidrógeno y en el oxígeno, y la fig. 15 muestra la línea de preparación para isótopos y el espectrómetro de masa para las mediciones.

7.1.6 Gravimetría

(fuente: INGV sec. de Catania)

El valor de la gravedad en un dado punto sobre la superficie terrestre no es constante.

Variaciones temporales en la distribución de las masas en el subsuelo causan sensibles variaciones de la

7.1.5 Variazione isotopi stabili nei gas e nell'acqua

La geochimica dei fluidi comprende, oltre alla geochimica dei gas, anche la possibilità di verificarne la costanza dei rapporti isotopici. Anche nelle acque raccolte in prossimità di edifici vulcanici i rapporti isotopici nell'idrogeno e nell'ossigeno rappresentano importanti metodi di monitoraggio.

Questi dati sono di supporto a tutte quelle attività di sostegno alla formulazione di un modello geochimico che tenga presente più variabili. La composizione isotopica spesso varia con il cambiamento della circolazione dei fluidi dovuta all'apertura di fratture ed a contributi diversi che giungono alla falda acquifera. Si tratta quindi di un monitoraggio che indica una attività vulcanica in atto.

Le attività di monitoraggio degli isotopi stabili nei gas e nell'acqua ($^{3}He/^{4}He$, D/H_2, $^{18}O/^{16}O$, $^{13}C/^{14}C$, ecc.) costituiscono al momento uno degli strumenti che vengono più usati per comprendere sia l'origine dei gas, sia l'evoluzione di una attività eruttiva.

La raccolta dei campioni e le successive analisi richiedono la possibilità di uso di uno strumento molto sofisticato chiamato spettrometro di massa, dal costo abbastanza elevato, come quelli dei laboratori del CNR – IGG di Pisa che sono usati per effettuare le analisi di campioni di varia provenienza.

La fig. 7.14 mostra la raccolta dei campioni di vapore alla solfatara di Pozzuoli (Italia) per la determinazione del contenuto isotopico nell'idrogeno e nell'ossigeno, e la fig. 15 la linea di preparazione per isotopi e lo spettrometro di massa per le misure.

7.1.6 Gravimetria

(fonte: INGV sez. di Catania)

Il valore di gravità in un dato punto sulla superficie terrestre non è costante.

Variazioni temporali nella distribuzione delle masse nel sottosuolo causano sensibili variazioni di gravità. Inoltre,

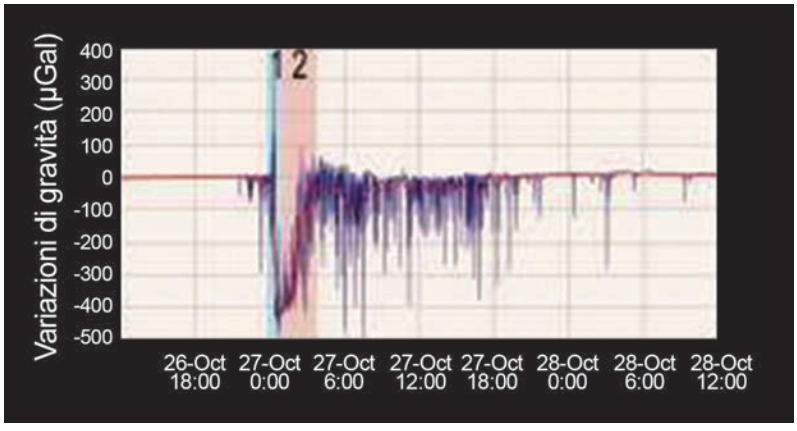


Fig. 7.14 – Muestreo de vapor para el análisis isotópico.





Fig. 7.15 – Espectrómetro de masa y línea de preparación de los isótopos en los laboratorios CNR-IGG de Pisa



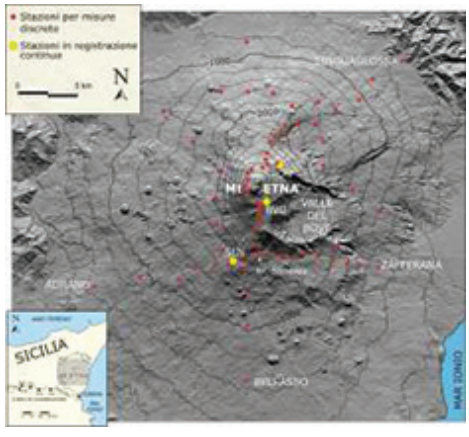


Fig. 7.16 - Anomalía gravimétrica observada durante las fases iniciales de la erupción étnea del 2002-03 y red gravimétrica del Etna (Italia).

gravedad. Además, en áreas activas desde el punto de vista geodinámico, el valor de la gravedad puede sufrir pequeñas variaciones en el tiempo debido a la redistribución de masa sub-superficial (migración de fluidos magmáticos; variaciones de densidad de cuerpos magmáticos estáticos, sobre todo por variaciones en el contenido de volátiles; variaciones del nivel de los fluidos presentes en un medio poroso; etc.); y las variaciones en la distancia entre el punto de medida y el centro de masa de la Tierra (ej. levantamiento o hundimiento del suelo por efecto de fenómenos volcánicos o volcánico-tectónicos).

Los desplazamientos de magma dentro de un edificio volcánico causan deformaciones en el funcionamiento espacio-temporal del campo de gravedad. El valor de tales perturbaciones depende de la cantidad de magma inyectado, de la deformación que ha sufrido el edificio volcánico, de la vesiculación y del grado de compresión del magma. Las anomalías de la gravedad asociadas a la actividad volcánica pueden variar significativamente: a) en el espacio (longitudes de onda comprendidas entre cientos de metros y decenas de kilómetros); b) en el tiempo (períodos comprendidos entre minutos y años); c) en amplitud (de pocos μGal a cientos de μGal). La amplitud y la longitud de onda de las variaciones temporales dependen de los volúmenes y de la profundidad de los cuerpos en los que se verifica una variación de densidad. Los períodos característicos de las variaciones del campo de gravedad dependen de la velocidad de evolución de los eventos volcánicos. La actividad de monitoreo gravimétrico está activa en volcanes italianos como el Etna (fig. 7.16).

Conclusiones

Los precursores volcánicos son usados sobre todo para la mitigación del riesgo y se han obtenido buenos resultados de previsiones en muchos de los volcanes monitoreados. Está claro que un buen monitoreo debería estar constituido por varias tipologías de precursores (multidisciplinariedad de las actividades de monitoreo) para tener la posibilidad de cruzar los datos y poder dar una respuesta a las preguntas que las comunidades expuestas al riesgo volcánico manifiestan.

in aree attive dal punto di vista geodinamico, il valore di gravità può subire piccole variazioni nel tempo dovute a: ridistribuzioni di massa sub-superficiali (migrazione di fluidi magmatici; variazioni di densità di corpi magmatici statici, soprattutto per variazioni nel contenuto di volatili; variazioni del livello dei fluidi presenti in un mezzo poroso; etc.); variazioni nella distanza tra il punto di misura ed il centro di massa della Terra (es. innalzamento o abbassamento del suolo per effetto di fenomeni vulcanici o vulcano-tettonici).

Gli spostamenti di magma all'interno di un edificio vulcanico causano deformazioni nell'andamento spazio-temporale del campo di gravità. L'entità di tali perturbazioni dipende dalla quantità di magma iniettato, dalla deformazione che ha subito l'edificio vulcanico, dalla vescicolazione e dal grado di compressione del magma. Le anomalie di gravità associate all'attività vulcanica possono variare significativamente: a) nello spazio (lunghezze d'onda comprese tra centinaia di metri e decine di chilometri); b) nel tempo (periodi compresi tra minuti ed anni); c) in ampiezza (da pochi μGal a centinaia di μGal). L'ampiezza e la lunghezza d'onda delle variazioni temporali dipendono dai volumi e dalla profondità dei corpi in cui si verifica una variazione di densità. I periodi caratteristici delle variazioni del campo di gravità dipendono dalla velocità di evoluzione degli eventi vulcanici. L'attività di monitoraggio gravimetrico è attiva sui vulcani italiani come l'Etna (fig. 7.16).

Conclusioni

I precursori vulcanici sono prevalentemente usati per la mitigazione del rischio, ed hanno ottenuto buoni risultati di previsioni su molti dei vulcani monitorati. E' chiaro che un buon monitoraggio dovrebbe essere costituito da più tipologie di precursori (multidisciplinarietà delle attività di monitoraggio) per avere la possibilità di incrociare i dati e poter dare una risposta alle domande che le comunità sottoposte a rischio vulcanico chiedono.

7.2

Introducción a los precursores de actividad sísmica

Introduzione ai precursori di attività sismica

7.2.1 Anomalías pre-evento sísmico

Generalmente se usa un poco a la ligera la palabra "precursor" cuando se nota una anomalía geoquímica, geofísica o geológica que a menudo es considerada significativa solamente después del evento sísmico. Podemos decir que hoy por hoy la comunidad científica no ha resuelto aún el problema de determinar con suficiente precisión si sucederá y cuándo un evento sísmico, aun frente a la presencia de anomalías de naturaleza variada que podrían indicar la posibilidad del mismo.

A continuación se ilustran algunas anomalías de tipo geoquímico y geofísico que han sido medidas antes de un terremoto y que son parámetros importantes, a los que hay que tener bajo control.

Fundamentalmente es este objeto de estudio porque en muchos casos la presencia de anomalías no viene secundada por algún terremoto, en otros casos el evento sísmico sucede sin dar señales particulares. Además, es de hacer notar que la anomalía no dice jamás qué intensidad podría tener el sismo.

Los ejemplos puestos bajo examen en este capítulo hacen referencia a aquellas actividades de monitoreo que normalmente son usadas en las áreas expuestas a riesgo sísmico. Otras estrategias de monitoreo se están desarrollando y comprenden la geofísica, la geoquímica, la geomorfología y geología estructural. Es una colaboración global entre investigadores en las varias disciplinas que permitirá una visión global de los parámetros bajo examen. Actualmente, uno de los indicadores más estudiadas, probablemente uno de los más seguidos y que parece estar entre los más atendibles, es el de monitoreo de las emisiones de radón del suelo.

7.2.1 Anomalie pre-evento sismico

Generalmente si usa in maniera disinvolta la parola "precursore" quando si nota una anomalia geochimica, geofisica o geologica che spesso viene ritenuta significativa solo dopo l'evento sismico. Possiamo dire che ad oggi la comunità scientifica non ha ancora risolto il problema di determinare con sufficiente precisione se e quando avverrà un evento sismico, seppur in presenza di anomalie di varia natura che potrebbero indicarne la possibilità.

Saranno di seguito illustrate alcune anomalie di tipo geochimico e geofisico che sono state misurate prima di un terremoto e che sono parametri importanti da tenere sotto controllo.

Fondamentalmente questo è oggetto di studio perché in molti casi la presenza di anomalie non è seguita da alcun terremoto, in altri casi l'evento sismico avviene senza dare segnali particolari. Inoltre è da notare che l'anomalia non dice mai di quale intensità potrebbe essere il sisma.

Gli esempi presi in esame in questo capitolo fanno riferimento a quelle attività di monitoraggio che normalmente sono usate nelle aree a rischio sismico. Altre strategie di monitoraggio si stanno sviluppando e comprendono la geofisica, la geochimica, la geomorfologia e la geologia strutturale. E' una collaborazione globale fra ricercatori nelle varie discipline che permetterà una visione globale dei parametri in esame. Attualmente uno degli indicatori più studiati probabilmente uno dei maggiormente seguiti e quello che sembra essere fra i più attendibili è quello del monitoraggio delle emissioni di radon dal terreno.

7.2.2 Concentración del Radón 222 y 220

El radón es un gas producido por la desintegración del radio contenido en las rocas y se encuentra normalmente presente en el subsuelo, si bien en concentraciones diferentes en las varias especificidades geológicas. El radón, a su vez decae en polonio y la vida media es de 3.8 días para el isótopo 222, mientras es de 56 segundos para el isótopo 220 (Torón). La concentración del radón en el terreno varía, de un centenar a más de un millón de Bq/m^3 (Becquerel/metro cúbico – Unidad de medida de la radioactividad alfa) mientras en el aire es de aproximadamente de 10 Bq/m^3. Las rocas que poseen un mayor contenido de uranio/radio (toba, granitos, pórfido) pueden emitir mayor cantidad de radón. Muchas veces las fracturas y las fallas están asociadas a concentraciones elevadas de radón. Mientras más permeable es el subsuelo (detritos) más fácil es que el radón logre alcanzar la superficie. En una roca compacta, en cambio, el radón permanece aprisionado en el material si la distancia llamada de "retroceso" entre la superficie de la roca y el exterior es superior a 7 μm (micro metros) como muestra la fig. 17.

En terrenos con rocas muy fracturadas, con muchos espacios vacíos, el radón puede ser transportado por cargadores constituidos por gases (generalmente anhídrido carbónico o nitrógeno) o por el agua de manantial o de lluvia infiltrada. El transporte a la superficie depende, entre otras cosas, de varios factores que pueden hacer variar la emisión; por ejemplo, la presión atmosférica, la humedad relativa, la pluviosidad, el encuentro con mantos acuíferos.

En síntesis, podemos afirmar que el poder de emanación no depende solo del contenido de radio, sino esencialmente de las características estructurales del material. A diferencia de los otros productos radioactivos, el radón es gaseoso y puede desplazarse desde el punto de origen.

La posibilidad de uso como precursor se debe al hecho que un eventual estrés de las rocas antes de un sismo podría liberar de los intersticios internos de las rocas una considerable cantidad de radón que alcanzaría la superficie en concentraciones superiores a lo normal y alteraría la relación entre radón y torón.

Los instrumentos con los cuales se efectúan mediciones de este gas radiogénico son económicos y pueden ser

7.2.2 Concentrazione del Radon 222 e 220

Il radon è un gas prodotto dal decadimento del radio contenuto nelle rocce ed è normalmente presente nel sottosuolo, seppur in concentrazioni diverse nelle varie specificità geologiche. Il radon a sua volta decade a polonio ed il tempo di dimezzamento è di 3,8 giorni per l'isotopo 222, mentre è di 56 secondi per l'isotopo 220 (thoron). La concentrazione del radon nel terreno varia da qualche centinaio a più è di un milione di Bq/m^3 (Bequerel/metro cubo – Unità di misura della radioattività alfa) mentre nell'aria è circa 10 Bq/m^3. Le rocce che hanno un maggiore contenuto d'uranio/radio (tufi, graniti, porfidi) possono emettere maggiori quantità di radon. Molte volte sono le fratture e le faglie ad essere associate a concentrazioni elevate di radon. Più il sottosuolo è permeabile (detriti), più è facile che il radon riesca a raggiungere la superficie. In una roccia compatta, invece, il radon rimane imprigionato nel materiale se la distanza chiamata di "rinculo" fra la superficie della roccia e l'esterno è superiore a 7 μm (micro metri) come mostrato in fig. 7.17. In terreni con rocce molto fratturate, con molti spazi vuoti, il radon può essere trasportato da carrier costituiti da gas (generalmente anidride carbonica o azoto) o dall'acqua sorgiva o piovana infiltrata. Il trasporto in superficie è, fra l'altro dipendente da vari fattori che possono variarne la fuo riuscita; per esempio la pressione atmosferica, l'umidità relativa, la piovosità, l'incontro con falde acquifere.

In sintesi possiamo affermare che il potere d'emanazione non dipende solo dal contenuto di radio, ma essenzialmente dalle caratteristiche strutturali del materiale. A differenza degli altri prodotti radioattivi, il radon è gassoso e può spostarsi dal punto d'origine.

La possibilità di uso come precursore è dovuta al fatto che eventuali stress delle rocce prima di un sisma potrebbero liberare dagli interstizi interni delle rocce una considerevole quantità di radon che raggiungerebbe la superficie in concentrazioni superiori al normale ed alterare il rapporto fra radon e thoron.

Gli strumenti con cui si effettuano misurazioni di questo gas radiogenico sono a buon mercato e possono essere localizzati ovunque con la risposta alle variazioni di concentrazione in tempo reale (fig. 7.18).

ubicados por todas partes obteniendo así la respuesta a las variaciones de concentración en tiempo real (fig. 7.18).

Son numerosos los testimonios científicos que proporcionan datos de anomalías antes de un evento sísmico; en la fig. 7.19 se nota cómo, con cerca de un mes de anticipación del terremoto han sido registradas en Colombia por la estación isotópica Hotel OVSM. 1999 – 2002.(Serna et al., 2002). En 2010, en la ciudad de L'Aquila, un grave evento sísmico fue precedido por anomalías en la concentración del gas radón.

Numerose sono le testimonianze scientifiche che riportano dati di anomalie prima di un evento sismico; in fig. 7.19 si nota come con circa un mese di anticipo dal terremoto siano state registrate in Colombia dalla stazione isotopica Hotel OVSM. 1999 - 2002.(Serna et al., 2002). Nel 2010 nella città di L'Aquila un grave evento sismico fu preceduto da anomalie nella concentrazione del gas radon.

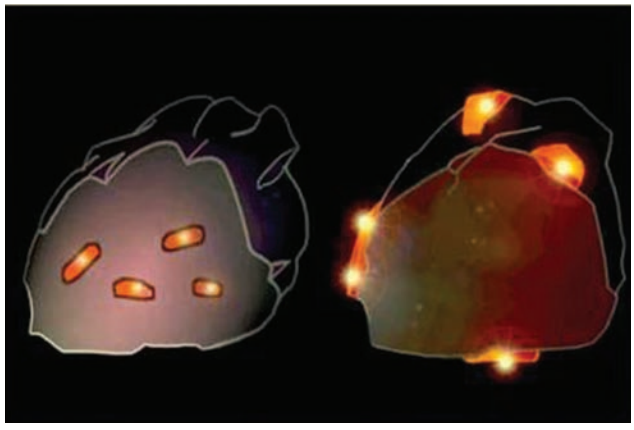


Fig. 7.17 - Radón en rocas – distancia de retroceso (Oficina Federal de Salud Pública – Berna)

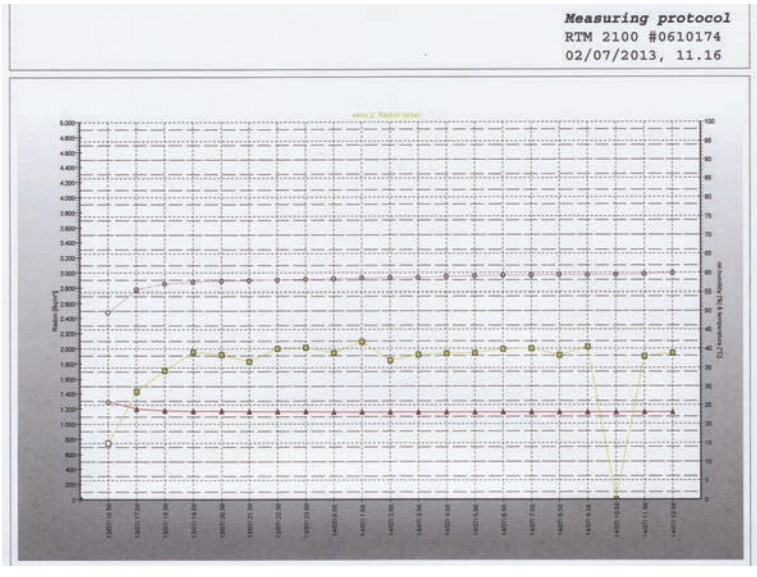


Fig. 7.18 - Ejemplo del análisis de radón.

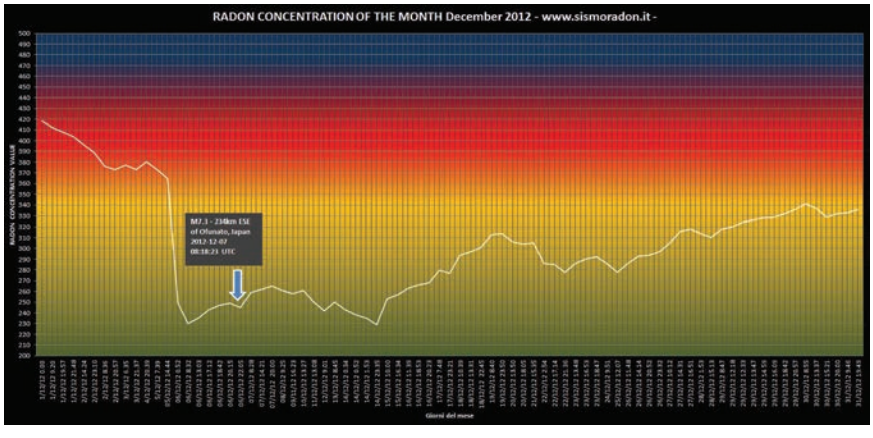


Fig. 7.19 - Anomalias de concentraciones de radón antes del evento sísmico. Fuente: www.sismoradon.it http://www.pontenellealpi.info/images/CONCENTRAZIONE_RADON_DICIEMBRE_2012.JPG

7.2.3 Perturbación ionosférica

(fuente: Friedmann Freund – NASA)

Esta tipología de monitoreo ha dado buenos resultados en varias situaciones, mostrando variaciones relativas a la ionización atmosférica antes de un terremoto. La metodología se basa en el hecho de que cuando las rocas están sometidas a gran estrés, debido al movimiento de enormes masas que pueden producir sismicidad, a través de ellas se liberan descargas eléctricas de las cuales nace la perturbación de partículas (iones y electrones) de la ionósfera. El monitoreo debe llevarse a cabo, de preferencia, en sitios con la menor presencia humana posible.

En la práctica, existirían ciertos tipos de perturbaciones de la atmósfera alta que a menudo anticipan un fuerte terremoto. En las alturas, débiles corrientes eléctricas influencian las moléculas ionizadas de la atmósfera alta y crean alteraciones perceptibles por los satélites. El 12 de Mayo de 2008 en la provincia china de Sichuan se desencadenó un fuerte terremoto de magnitud 7.9 grados. A través de una red de 20 satélites de observación fueron registradas fuertes perturbaciones ionosféricas antes del sismo.

En Alaska se verificó un sismo de M=6.4 el 23 de Octubre de 2002 a las 11:27 horas, dando lugar a perturbaciones registradas por el estudioso Friedmann Freund de la NASA (fig. 7.20).

Se usan satélites equipados con cámaras infrarrojas para determinar hot spot del espacio. Friedmann Freund y Dimitar Ouzounov (Goddard Space Flight Center) examinaron los datos infrarrojos de la NASA, descubriendo un calentamiento terrestre en la India el 26 de Enero de 2001 poco antes del sismo de Gujarat (fig. .7.21).

En la fig. 7.22 se reporta el estudio que Friedmann Freund desarrolló en la NASA y que muestra la formación de corrientes eléctricas en dependencia de la compresión ejercida sobre la roca.

Un fenómeno se desarrolló en Irán en Diciembre de 2003, en la ciudad de Bam. Seis días antes del evento sísmico y por casi 30 horas, las nubes se concentraron sobre el punto del epicentro (fig. 7.23), fenómeno aún no explicado pero que es muy visible por las imágenes de meteosat.

7.2.3 Perturbazione ionosferica

(fonte: Friedmann Freund – NASA)

Questa tipologia di monitoraggio ha dato buoni risultati in varie situazioni mostrando variazioni relative alla ionizzazione atmosferica prima di un terremoto. La metodologia si basa sul fatto che quando le rocce sono sottoposte a grandi stress, dovuti a movimentazioni di enormi masse che possono provocare sismicità, attraverso di esse si sprigionano scariche elettriche da cui nasce la perturbazione di particelle (elettroni e ioni) della ionosfera. Il monitoraggio preferibilmente deve avvenire in siti il meno possibile antropizzati.

Esisterebbero in pratica certi tipi di perturbazioni dell'alta atmosfera che spesso anticipano un forte terremoto. In quota, deboli correnti elettriche influenzano le molecole ionizzate dell'alta atmosfera e creano delle alterazioni rilevabili dai satelliti. Il 12 maggio 2008 nella provincia cinese di Sichuan si è scatenato un fortissimo terremoto di magnitudo 7,9. Attraverso una rete di 20 satelliti di osservazione sono state registrate forti perturbazioni ionosferiche prima del sisma.

In Alaska si è verificato un sisma di M=6.4 il 23 ottobre del 2002 alle ore 11,27, dando luogo a perturbazioni registrate dallo studioso Friedmann Freund della NASA (fig. 7.20).

Sono usati satelliti equipaggiati con camere infrarosso per determinare hot spot dallo spazio. Friedmann Freund e Dimitar Ouzounov (Goddard Space Flight Center) hanno esaminato I dati infrarosso della NASA, scoprendo un riscaldamento terrestre in India il 26 gennaio 2001 poco prima del sisma di Gujarat (fig. 7.21).

In figura 7.22 è riportato lo studio di Friedmann Freund che ha svolto alla NASA e che mostra la formazione di correnti elettriche in dipendenza della compressione esercitata sulla roccia.

Un fenomeno si è sviluppato in Iran nel dicembre del 2003, sopra la città di Bam. Sei giorni prima dell'evento sismico e per circa 30 ore le nubi si sono concentrate nel punto dell'epicentro (fig. 7.23), fenomeno questo non ancora spiegato ma che è ben visibile dalle immagini di meteosat.

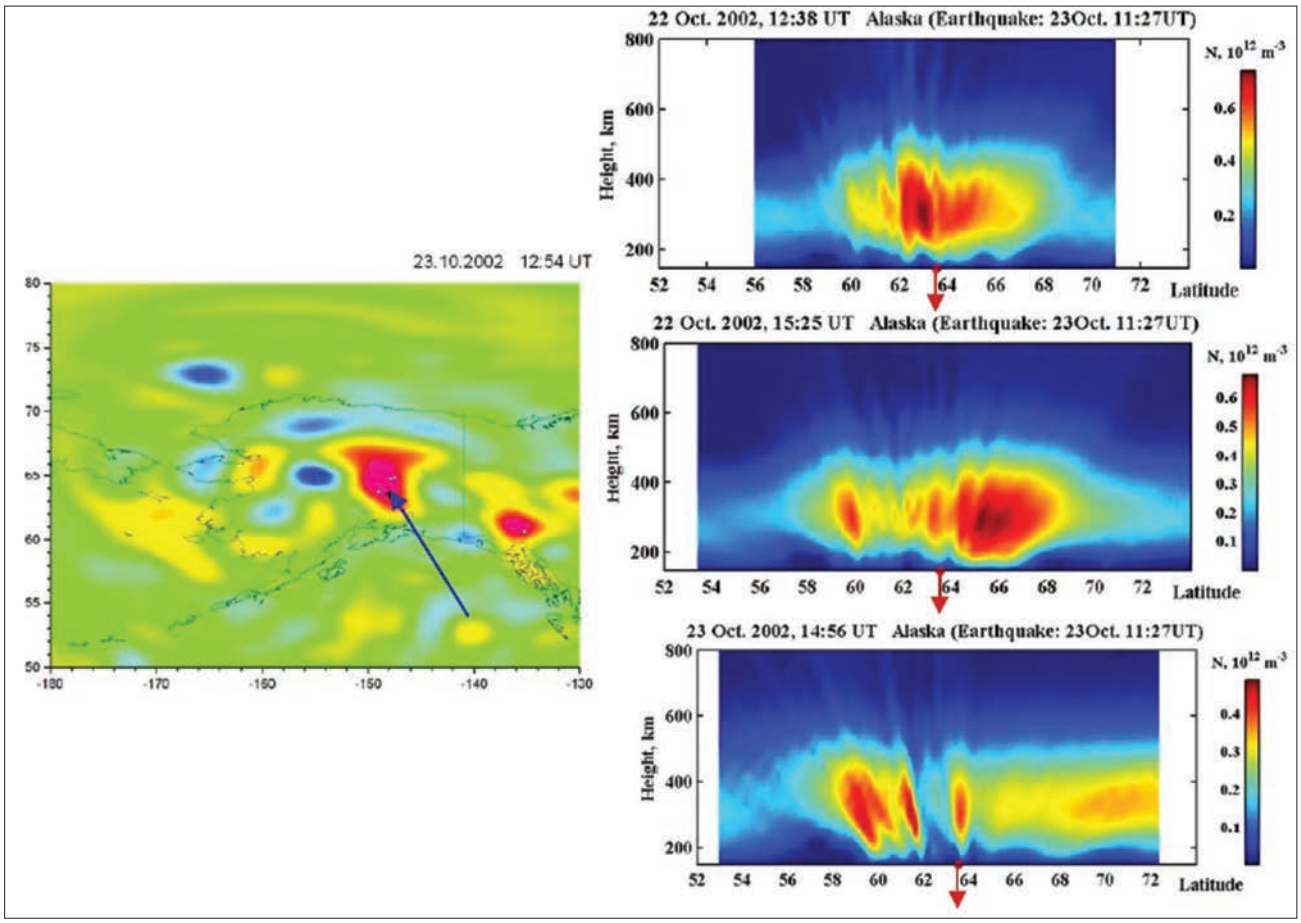


Fig. 7.20 - Ionización atmosférica en Alaska (fuente: Friedman Freund – NASA).

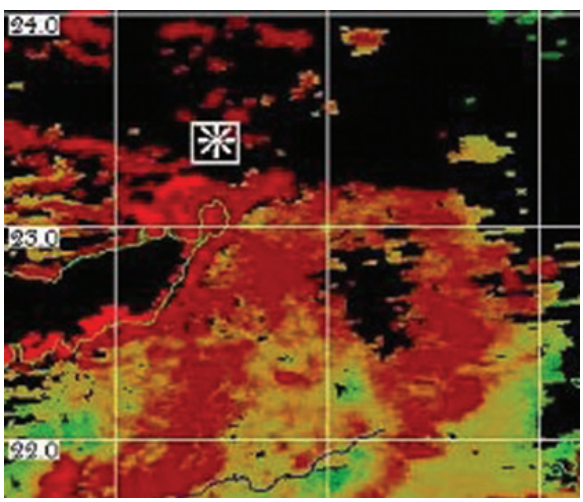


Fig. 7.21 – Localización del hot spot vía satélite (fuente: NASA).

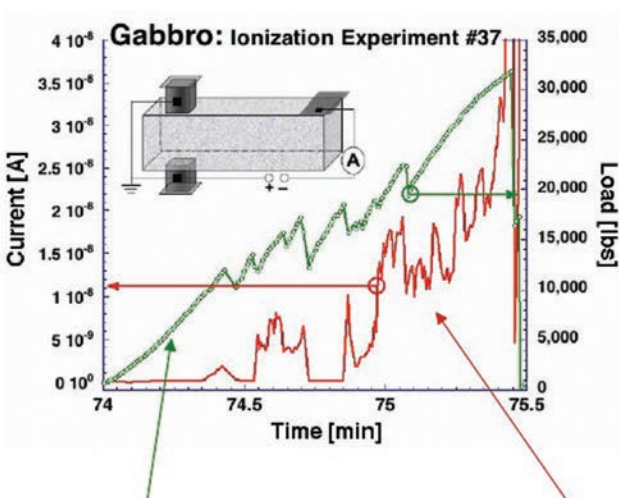


Fig. 7.22 - Diagrama experimental de la ionización atmosférica debida a compresión (fuente: Friedman Freund – NASA).

7.2.4 Niveles de los mantos acuíferos

(fuente USGS - groundwater information)

La medición de los niveles de los mantos acuíferos es uno de los parámetros que a menudo se usan como variables importantes en el estudio de los precursores sísmicos. Antes de un evento se pueden tener oscilaciones anómalas en los niveles ya sea en las cercanías del epicentro como en áreas más distantes. La instrumentación hoy disponible haría simple el constante monitoreo de acuíferos subterráneos, estudiando así su variabilidad, si tuviésemos los registros debidos a variables estacionales. El proceso de deformación debido a un sismo altera también la circulación del agua y consecuentemente se verifica normalmente un cambio de nivel de los acuíferos subterráneos. El nivel del manto puede subir o bajar dependiendo del tipo de estrés al cual el terreno está sometido.

Algunas veces se han observado cambios repentinos de nivel antes del terremoto, otras veces el nivel cambió lentamente.

Los niveles de los mantos acuíferos, después de la bajada o la subida, pueden luego permanecer en el nivel adquirido, sin regresar a la posición original.

La fig. 24, tomada del sitio del USGS National Water Information System, muestra la variación de nivel en algunos pozos en Pennsylvania y otros estados limítrofes (New York, Virginia, Maryland) antes y sobre todo después del sismo acaecido el 23 de Agosto de 2011.

Las eventuales y contemporáneas mediciones de gas radón presente en los acuíferos podrían producir resultados interesantes para estudiar los fenómenos precursores.

(Tomado de: http://water.usgs.gov/ogw/eq/VAquake2011.html#graph4)

7.2.5 Varios

En algunos países, entre los cuales Italia por medio del Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, o Suiza, por medio del Servizio Sismico Svizzero, se registran las señales y las observaciones de los ciudadanos antes y después de un terremoto.

7.2.4 Livelli delle falde acquifere

(fonte USGS - groundwater information)

La misura dei livelli delle falde acquifere è uno dei parametri che spesso vengono usati come variabile importante nello studio dei precursori sismici. Prima di un evento si possono avere oscillazioni anomale nei livelli sia in prossimità dell'epicentro sia in aree più distanti. La strumentazione oggi disponibile renderebbe semplice il costante monitoraggio di acquiferi sotterranei, studiando così la loro variabilità, se avessimo le registrazioni dovute a variabili stagionali. Il processo di deformazione dovuto ad un sisma altera anche la circolazione delle acque e di conseguenza normalmente si verifica un cambio di livello degli acquiferi sottostanti. Il livello della falda si può alzare od abbassare in dipendenza del tipo di stress a cui il terreno è sottoposto.

Talvolta sono stati osservati repentini cambi di livello prima del terremoto, altre volte il livello è cambiato lentamente.

I livelli degli acquiferi dopo l'abbassamento o l'innalzamento possono poi rimanere al livello acquisito, senza tornare alla posizione originaria.

La fig. 24, prelevata dal sito dell' USGS National Water Information System, mostra la variazione di livello in alcuni pozzi in Pennsylvania e stati limitrofi (New York, Virginia, Maryland) prima e soprattutto dopo il sisma avvenuto in data 23 agosto 2011.

Le eventuali contemporanee misurazioni di gas radon presente negli acquiferi potrebbero produrre risultati interessanti per studiare i fenomeni precursori.

(Tratte da: http://water.usgs.gov/ogw/eq/VAquake2011.html#graph4)

7.2.5 Varie

In alcuni paesi, fra cui l'Italia attraverso l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia o la Svizzera attraverso il Servizio Sismico Svizzero, sono registrate le segnalazioni e le osservazioni dei cittadini prima e dopo un terremoto.

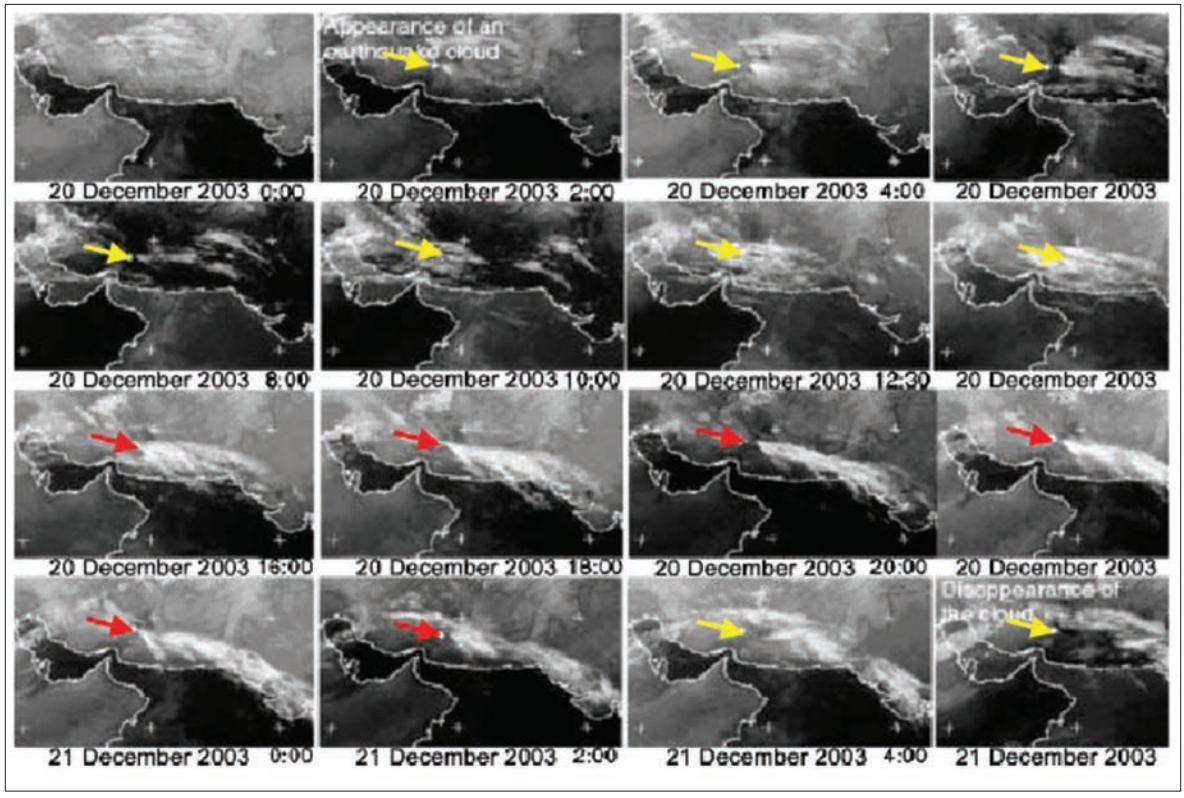


Fig. 7.23 - Nubes que se concentran sobre Bam - Irán, MeteoSat M=6.8, Irán, 26/12/2003 (fuente: Meteosat).

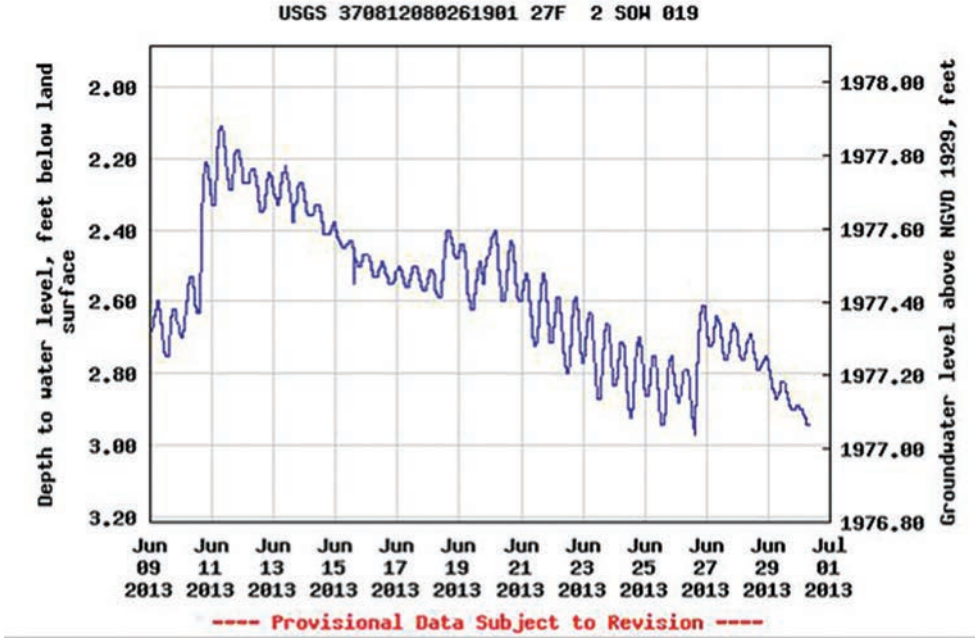


Fig. 7.24 - Variaciones del nivel de los acuíferos antes y después de un evento sísmico.
(Tomado de: cb_72019=on&format=gif_default&period=21&site_no=370812080261901)

Los cuestionarios comprenden principalmente las sensaciones experimentadas por las personas y lo sucedido en los momentos anteriores y durante el sismo.

Por ejemplo, se pregunta cómo se percibió el sismo (débil, fuerte, fortísimo), el lugar donde se encontraba la persona en aquel momento y su reacción (oficina, fábrica, casa), si se oyeron ruidos (estruendos, crepitación, etc.), qué se movió de entre los objetos de la casa (candelabros, libreras, electrodomésticos) o en el exterior (automóviles, motos, campanas), el comportamiento de los animales (nerviosismo, ladridos, maullidos), cómo se comportó la estructura de edificios y casas, si sufrió agrietamientos, derrumbes o si no han tenido ninguna consecuencia visible, si hubo disturbios en las transmisiones radiales, en el funcionamiento de teléfono celulares, si hubo efectos luminosos en el cielo, etc.

Las respuestas son usadas para ser estudiadas por los expertos propuestos para comprender las eventuales conexiones entre el sismo y los efectos en el hombre, sean estos de naturaleza física, sensorial o psicológica. Cómo son alterados y a causa de qué sucede esto.

Conclusiones

En este capítulo se examinaron algunas situaciones de variables que antes de un evento volcánico y/o sísmico pueden presentarse. Estas variables no son exhaustivas respecto de todas las actividades que pueden ser tomadas en consideración, pero, ya sea por lo que respecta a los precursores volcánicos como por los sísmicos (a menudo se pueden también superponer los estudios y los monitoreos), seguramente el concepto de base debe ser el de la prudencia y del estudio de los modelos geológicos o geodinámicos del área objeto de la reducción del riesgo. Los monitoreos multiparamétricos son útiles para la determinación y la previsión de un evento natural de tipo volcánico y sísmico.

De nuevo, muchos son los estudios que deben ser implementados, sobre todo en lo que respecta a la sismicidad, para tener la oportunidad de poder determinar anticipadamente un evento que puede ser riesgoso para las comunidades locales. En un futuro, esperamos cercano, la determinación temporal de la erupción o del sismo debería estar acompañada por una previsión de la magnitud en cuanto que ello permitiría la implementación de las acciones previstas en las emergencias.

La historia local y la estadística pueden ser de ayuda en la comprensión de lo que sucede en las entrañas de la Tierra y que repercute en las poblaciones de la superficie.

I questionari riguardano principalmente le sensazioni provate dalle persone e cosa è successo nei momenti antecedenti e durante il sisma.

Ad esempio viene chiesto come è stato percepito il sisma (debole, forte, fortissimo), il luogo dove era la persona in quel momento e la sua reazione (ufficio, fabbrica, casa), se sono stati uditi rumori (boati, crepitii, ecc.), cosa si è mosso fra gli oggetti in casa (lampadari, librerie, elettrodomestici) o all'esterno (automobili, motorini, campanili), il comportamento degli animali (nervosismi, guaiti, miagolii), la struttura edilizia come si è comportata, se ha subito fratture, crolli oppure non ha avuto nessuna conseguenza visibile, se ci sono stati disturbi a radio, telefoni cellulari e effetti luminosi in cielo, ecc.

Le risposte sono poi usate per essere studiate dagli esperti preposti per capire gli eventuali collegamenti del sisma con effetti sull'uomo di natura fisica, sensoriale e psicologica, come vengono alterati ed a causa di cosa questo possa avvenire.

Conclusioni

In questo capitolo sono state prese in esame alcune situazioni di variabili che prima di un evento vulcanico e/o sismico possono presentarsi. Queste variabili non sono esaustive di tutte le attività che possono essere prese in considerazione, ma sia per quanto riguarda i precursori vulcanici sia per quelli sismici (spesso si possono anche sovrapporre gli studi ed i monitoraggi), sicuramente il concetto di base deve essere quello della prudenza e dello studio dei modelli geologici e geodinamici dell'area in oggetto per la riduzione del rischio. I monitoraggi multiparametrici sono utili alla determinazione ed alla previsione di un evento naturale di natura vulcanica e sismica.

Ancora molti sono gli studi che devono essere portati avanti, soprattutto per quanto riguarda la sismicità, per avere l'opportunità di poter determinare in anticipo un evento che può essere a rischio per le comunità locali. In un futuro, speriamo, vicino la determinazione temporale della eruzione o del sisma dovrebbe essere accompagnata da una previsione della magnitudo in quanto questo permetterebbe la messa in atto delle azioni previste nelle emergenze.

La storia locale e la statistica possono essere di aiuto nella comprensione di ciò che avviene nelle viscere della terra e che si ripercuote sulle popolazioni sovrastanti.

Algunas Referencias / *Alcuni Riferimenti*

R.Scandone; L. Giacomelli – 1998 - Vulcanologia: “Principi Fisici e metodi di indagine”.

Caprai A. – Volcanic and Geothermal Gases and Low-enthalpy Natural Manifestations. Methods of Sampling and Analysis by Gas Chromatography. Journal of Applied Sciences 5 (1): 85-92, 2005

Tassi F.; Vaselli O., Capaccioni B. Montegrossi G. Barahona F.; Caprai A. - Scrubbing process and chemical equilibria controlling the composition of light hydrocarbons in natural gas discharges: An example from the geothermal fields of El Salvador - AGU and the Geochemical SocietyVolume 8, Number 5 - 16 May 2007 Q05008, doi:10.1029/2006GC001487 - ISSN: 1525-2027

Aiuppa et al.; First observational evidence for the CO2-driven origin of Stromboli’s major explosions. Solid Earth 2011.

USGS - groundwater information

NASA – Friedmann Freund

Sitios Web:

INGV sección de Catania: http://www.ct.ingv.it/index.php?option=com_content&view=article&id=53:il-monitoraggio-dele-deformazioni-del-suolo-nelle-isole-minori-eolie&catid=48&Itemid=36&lang=it

Pre Earth quake information - Friedmann Freund: http://www.scribd.com/doc/102919295/Friedemann-Freund-Towards-a-Unified-Theory-for-Pre-Earthquake-signals

USGS USA: http://hvo.wr.usgs.gov/volcanowatch/archive/1994/94_09_23.html

USGS USA: http://water.usgs.gov/ogw/eq/VAquake2011.html

Efectos de la ionización atmosférica antes de un sismo: http://www.youtube.com/watch?v=hzVamNQzfYA&feature=player_embedded

Capítulo 8

PRINCIPALES EVENTOS OCURRIDOS

PRINCIPALI EVENTI

8.1

Principales eventos ocurridos en Guatemala

(Ver tabla y mapas al final del capítulo)

Principali eventi accaduti in Guatemala

(Vedi tabella e carte alla fine del capitolo)

El territorio guatemalteco, al igual que la región centroamericana, está bajo la influencia de una serie de amenazas naturales que de forma diversa han afectado el mismo a través de la historia. Estas manifestaciones de la naturaleza, pequeñas pero recurrentes, han producido y lo siguen haciendo, valiosas pérdidas de vidas humanas así como cuantiosas pérdidas económicas que dificultan el desarrollo y crecimiento de las comunidades afectadas.

Estos eventos son mencionados a continuación, presentando un panorama no exhaustivo de la destrucción y magnitud producida a través del tiempo, clasificados por su origen sísmico, volcánico e hidrometeorológico.

8.1.1 Eventos sísmicos

El territorio guatemalteco con algunas excepciones, es altamente sísmico y a través de la historia se han documentado los terremotos más destructivos que han marcado poblaciones y que aunque no existen algunos datos en los más antiguos, si se manifiesta el efecto de la destrucción, como el ocurrido el 29 de septiembre de 1717 en la Antigua Guatemala con una magnitud estimada de 7.4 en el cual los daños fueron severos.

Durante 1765, el 24 de octubre ocurrió un terremoto con una magnitud estimada entre 7.6 y 8.2 grados y aunque no hay registro del epicentro exacto, éste presentó los mayores daños en Ostuncalco, Quetzaltenango. Años más tarde, el 29 de julio de 1773 ocurrieron una serie de terremotos conocidos como “los terremotos de Santa Marta” en la Ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala, la actual Antigua Guatemala, lo que ocasionó el abandono de la ciudad y traslado de la capital hacia el Valle de La Ermita; los datos registran una magnitud de 7.5 y entre 500 y 600 personas fallecidas.

El 22 de julio de 1816 en Alta Verapaz se produjo un terremoto con una magnitud estimada en 7.5 el cual fue originado por la falla Chixoy-Polochic.

Il territorio del Guatemala, al pari dell’intera regione centroamericana, si trova sotto la minaccia di una serie di fenomeni naturali che nel corso della storia infatti l’hanno più volte colpito. Queste manifestazioni della natura, piccole ma ricorrenti, hanno causato nel passato, e ancora oggi, grande quantità di vittime persone nonché ingenti perdite economiche che ostacolano lo sviluppo delle comunità interessate.

Di seguito vengono descritti i suddetti eventi accennando, complessivamente, i loro effetti distruttivi, le magnitudo riportate nel tempo nonché una classifica dei fenomeni suddivisi per la loro origine sia sismica che vulcanica oppure idrometeorologica.

8.1.1 Eventi sismici

Il territorio guatemalteco, fatta eccezione di qualche sua regione, è altamente sismico, ragione per cui nel corso della storia si sono accaduti dei terremoti registrati come molto distruttivi che hanno lasciato la loro impronta sulle popolazioni che ne furono vittime. Anche se di alcuni, i più lontani nel tempo, non si hanno dei dati precisi sui registri, i loro effetti sono stati ben noti ai diretti interessati, come ad esempio quello accaduto il 29 settembre 1717 ad Antigua Guatemala, di magnitudo stimata in 7,4 i cui danni furono gravi.

Un terremoto dalla magnitudo stimata di 7,6 – 8,2 ebbe luogo il 24 ottobre1765, e benché non ci siano dei registri precisi del suo epicentro, sono stati riportati e registrati danni nel villaggio di Ostuncalco, Dipartimento di Quetzaltenango. Anni dopo, il 29 luglio 1773 si attivò uno sciame sismico conosciuto col nome di “I terremoti di Santa Marta” che colpì la Città di Santiago de los Caballeros di Guatemala, oggi nota come Antigua Guatemala, provocando oltre la morte di 500-600 persone, l’abbandono della città la quale venne trasferita nella Valle de La Ermita, l’attuale capitale. Per questo evento si calcolò una magnitudo di 7,5.

El día 18 de abril de 1902 a las 20:23:50 horas, ocurrió un fuerte sismo con magnitud 7.5 grados y que ocasionó daños principalmente en Quetzaltenango y Sololá (Fig. 8.1) con una localización en 14.90° latitud Norte, 91.50° longitud Oeste y 60 km de profundidad aproximadamente. Los reportes indican alrededor de 200 muertos.

El día 8 de marzo de 1913 a las 08:55 horas, hubo un movimiento sísmico que destruyó Cuilapa, cabecera departamental de Santa Rosa, aunque no existe reporte exacto del epicentro ni tampoco del número de víctimas. Es importante mencionar que éste y otros eventos sucedidos en los fallamientos del Norte son de poca profundidad (5 a 6.5 km) y magnitud, lo que se traduce en graves daños locales.

Unos de los eventos más importantes del siglo XX se produjeron durante 1917 y 1918 probablemente un enjambre sísmico que afectó la ciudad capital y especialmente Villa Nueva. Estos dieron inicio el 27 de noviembre y, el 26 de diciembre a las 05:21 horas. se produjo una fuerte liberación de energía que destruyó gran parte del centro de la capital, posteriormente se produjo una réplica, a las 06:18 horas. Se reportaron más de 250 personas fallecidas.

Posterior a estos dos eventos, tuvieron que darse una serie de micro eventos para compensar el desplazamiento interno. El 4 de enero de 1918, a las 04:30 y 04:32 horas, dos nuevos eventos sacudieron la ciudad. El final de la fuerte actividad lo marcó el 24 de enero aproximadamente a las 07:30 horas, reportando graves daños.

Il 22 giugno 1816 nella località di Alta Verapaz si ebbe un terremoto di magnitudo 7,5, innescato dalla faglia Chixcoy-Polochic.

Il 18 aprile 1902, alle ore 20.23.50, un forte movimento tellurico di Magnitudo 7,5 provocò danni principalmente a Quetzaltenango e Sololá (Fig. 8.1). Fu localizzato a 14.90° latitudine Nord e 91.50° longitudine Ovest, a circa 60 km di profondità. I dati riportati indicano circa su 200 morti.

Il 8 marzo 1913 alle ore 08.55, un sisma distrusse Cuilapa, capoluogo del Dipartimento di Santa Rosa, ma di esso non esistono né registri dell'epicento né dati sul numero delle vittime. E' importante considerare il fatto che questo ed altri eventi accaduti nella fagliazione Nord sono di scarsa profondità (5-6,5 km) e bassa magnitudo, il che provoca in gravi danni locali.

Uno degli eventi più importanti del XX secolo si produsse tra gli anni 1917 e 1918: uno sciame sismico che interessò la capitale, particolarmente il comune di Villa Nueva. Il fenomeno ebbe inizio il 27 novembre e già il 26 dicembre, alle ore 05.21 una forte liberazione di energia distrusse una grande area del centro della capitale seguita poi da una replica alle ore 06.18. I morti riportati furono 250.

Molti altri piccoli movimenti tellurici avvenuti in seguito fanno pensare ad una sistemazioni interna delle faglie coinvolte. Il 4 gennaio 1918, alle 04.30 e alle 04.32, due altre scosse colpirono la città. La fine dell'attività sismica finalmente arrivò il 24 gennaio quando alle 07.30 circa un'altra scossa provocò gravi danni.



Fig.8.1 -Actual sede de Gobernación. El edificio perdió un nivel por el sismo. Fuente: http://cesarperezmendez.blogspot.com/2010/04/la-peor-noche-que-han-vivido-los.html

El día 6 de agosto de 1942 a las 23:36 horas, se registró el terremoto de mayor magnitud hasta la fecha, con 8.3 grados y localizado en 13.9° latitud Norte y 90.8° longitud Oeste con una profundidad de 60 km. No se cuenta con reporte de personas fallecidas, pero sí se cuenta con reporte de daños considerables a las estructuras, desde daños leves hasta viviendas completamente destruidas. El sismo causó daños en diferentes escalas en más de diez departamentos del territorio nacional, siendo los más afectados los departamentos de Guatemala, Sacatepéquez y Chimaltenango.

El día 20 de febrero de 1959 a las 18:16 horas, se registró un sismo que puede ser considerado como uno de los eventos más destructores en el Norte del territorio nacional, con una localización en 15.94 grados latitud Norte y 90.59 grados longitud Oeste y una profundidad de 48 km. El evento presentó los daños más importantes en la población de Ixcán, departamento de El Quiché.

Según el INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología), al hablar de grandes terremotos en Guatemala, las mediciones indican que el evento de 1942 ha sido el que ha liberado mayor cantidad de energía en el siglo XX y lo que va del siglo XXI, sin embargo no ha sido el más destructor. Esto es probablemente por la ubicación del evento y por la poca población existente en esa época. A pesar de la magnitud de este terremoto (Fig. 8.2), el 4 de febrero de 1976 a las 03:33 horas, ocurrió un evento de 7.5 grados de magnitud que es considerado el más destructivo del siglo XX, localizado en 15.32 grados latitud Norte y 89.10

Più avanti nel tempo, però, venne registrato quello che finora è ritenuto il terremoto di maggiore magnitudo: il 6 agosto 1942, alle ore 23.36, di magnitudo 8.3, localizzato a 13.9° latitudine Nord e 90.8° longitudine Ovest, ad una profondità di 60 km. Delle persone decedute non si hanno dei registri ma sì riportano i danni alle costruzioni, da lievi fino alla devastazione totale. Il sisma provocò danni a diversi livelli in ben dieci Dipartimenti del territorio nazionale, tra i più danneggiati quelli di Guatemala, Sacatepéquez e Chimaltenago.

Il 20 febbraio 1959, alle ore 18.16, venne registrato dall'apposita strumentazione un sisma considerato come uno degli eventi più distruttivi dell'area Nord del paese, localizzato a 15.94° latitudine Nord e 90.59° longitudine Ovest e ad una profondità di 48 km. I danni più importanti furono riportati soprattutto nel villaggio di Ixcan, nel Dipartimento di El Quiché.

Secondo l'INSIVUMEH (Istituto nazionale di sismologia, vulcanologia, meteorologia ed idrologia), basandosi sui propri registri storici, l'evento del 1942 è stato quello che ha liberato più energia nel XX secolo e fino ad oggi, anche se non il più distruttivo, tenuto conto dell'ubicazione dell'evento e della scarsa popolazione che all'epoca viveva sull'area colpita. Quello però che le autorità considerano il più distruttivo del XX secolo accadde il 4 febbraio 1976, alle ore 03,33 (Fig. 8.2), di magnitudo 7,5, a 15.32° latitudine Nord e 89.10° longitudine Ovest e ad una profondità piuttosto superficiale, a soli 5 km. Gli effetti

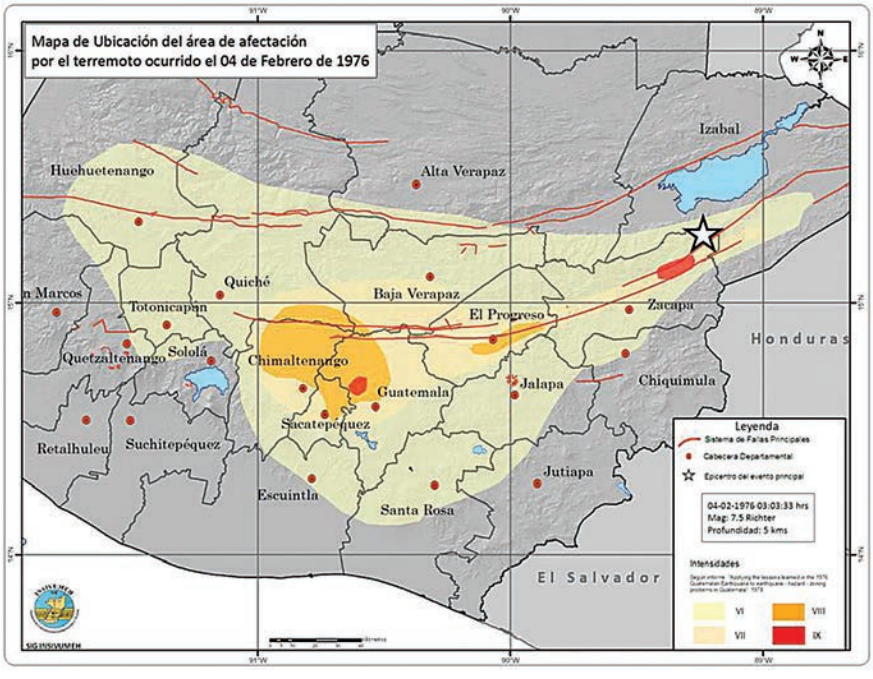


Fig. 8.2 - Mapa de la ubicación del área de afectación del terremoto ocurrido el 4 de febrero de 1976. Fuente: http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/sismologia/terremoto_1976.jpg

grados longitud Oeste, de características muy superficiales, alrededor de 5 km de profundidad.

Los efectos de la ruptura fueron desastrosos, se registraron mediciones de desplazamiento horizontal de más de 3.00 m en algunas partes a lo largo de la falla, se crearon aceleraciones muy altas que ocasionaron la destrucción de miles de viviendas en las zonas adyacentes, incluyendo el valle de la Ciudad Capital, se registraron cerca de 25,000 muertos y 75,000 heridos y aunque no se fijaron cifras exactas, se calcula que excedieron un mil doscientos cincuenta mil millones de dólares estadounidenses (Espinoza, 1976 en INSIVUMEH, 2012).

El 11 de octubre de 1985 a las 03:39 horas, se registró un sismo sensible en Uspantán, departamento del Quiché. Este sismo se considera importante por haber destruido una ciudad casi por completo. Característico de los fallamientos del Norte, con 5 km de profundidad, localizado en 15.3 grados latitud Norte y 90.9 grados longitud Oeste y una magnitud de 5.0 grados.

El 3 de noviembre de 1988, se registró un sismo con epicentro en San Vicente Pacaya, con una magnitud de 6.0 grados y un saldo de cinco personas fallecidas.

El 18 de septiembre de 1991 a las 03:48 hrs, se produjo un evento sísmico superficial de 5.3 grados de magnitud, en la región Sur-Oeste de Chimaltenango, lo cual causó destrozos de por lo menos el 80% del poblado de San Miguel Pochuta, registrándose una intensidad máxima de VII MM en la zona de mayor daño. Posterior al evento principal se desarrolló un enjambre sísmico que en las primeras 24 horas registró por lo menos 436 réplicas que oscilaron entre 0.6 y 4.0 grados de magnitud detectados por la Red Sismográfica Nacional. Cabe mencionar que la mayoría de daños a edificaciones fueron producto de una práctica constructiva inadecuada, ya que casi en su totalidad eran construcciones de adobe, sin ningún tipo de refuerzo. El saldo final fue de 25 personas muertas, 185 con heridas de consideración y 2300 viviendas destruidas.

Según (CONRED 2011a), un total de 4 mil 211 eventos sísmicos se registraron por el enjambre que afectó al departamento de Santa Rosa (Fig. 8.3, 8.4) desde el 19 de julio hasta el 20 de septiembre de 2011. La mayor cantidad de sismos sensibles ocurrieron el lunes 19 de septiembre, fecha que se contabilizaron un total de 8 sismos sensibles aunque en total ocurrieron 82 eventos sísmicos durante ese día. De los 4 mil 211 eventos contabilizados por el enjambre sísmico, únicamente 42 fueron reportados sensibles que corresponden al 1 por ciento del total de microsismicidad del recuento preliminar.

della frattura furono disastrosi: più di 3,0 m di distacco misurati in alcune parti lungo la faglia; le altissime accelerazioni attivatesi devastarono migliaia di abitazioni nelle zone adiacenti inclusa la valle che ospita la capitale. Circa 25mila morti e 75mila feriti sono stati registrati e le perdite economiche, anche se non se ne conosce la cifra esatta, si stimano in più di milleduecentocinquantamila milioni di dollari (Espinoza, 1976, INSIVUMEH, 2012)

L'11 ottobre 1985, alle ore 03.39, un terremoto fu percepito ad Uspantan, nel Dipartimento di El Quiché. Esso si considera importante per il fatto di aver devastato quasi l'intera città. E' caratterizzato dalle faglie del Nord: con 5 km di profondità, localizzato a 15.3° latitudine Nord e 90.9° longitudine Ovest e di magnitudo 5,0.

Il 3 novembre 1988, un sisma di magnitudo 6,0 ebbe epicentro a San Vicente Pacaya dove provocò la morte di cinque persone.

Anni dopo, il 18 settembre 1991, alle ore 03,48 un movimento tellurico superficiale e di magnitudo 5,3, scosse il Sud-Ovest di Chimaltenango causando la distruzione dell'80% del villaggio di San Miguel Pochuta, con una intensità massima registrata di VII MM nella zona maggiormente danneggiata. In seguito alla scossa principale si scatenò uno sciame sismico che già nelle prime 24 ore aveva prodotto ben 436 repliche la cui magnitudo registrata dalla Rete sismografica nazionale oscillò tra 0,6 e 4,0. Bisogna far notare che la maggior parte dei danni al patrimonio abitativo fu dovuto delle cattive e inadeguate pratiche di costruzione: quasi interamente mattoni senza alcun supporto. Le cifre finali: 25 persone morte, 185 con serie ferite e 2300 abitazioni distrutte.

Secondo la CONRED (CONRED 2011a), circa 4211 eventi sismici sono stati registrati in seguito allo sciame sismico che interessò il Dipartimento di Santa Rosa (Fig. 8.3, 8.4) dal 19 luglio fino al 20 settembre del 2011. La maggior parte dei sismi monitorati ebbero luogo il lunedì 19 settembre, data in cui si ebbe 82 eventi sismici, 8 di essi percettibili. Dei 4211 eventi compresi nello sciame sismico, solo 42 sono stati considerati percettibili, quindi l'1% del totale della microsismicità del monitoraggio iniziale.

Le valutazioni dei danni e le analisi dei bisogni svolte nelle aree interessate dai sismi nel Dipartimento di Santa Rosa indicano: 2574 persone coinvolte; 2075 persone sinistrate; 2180 evacuate; 1930 ricoverate; 15 ferite ed una persona



Fig. 8.3 - Imágenes de los daños en viviendas de Santa Rosa debido al enjambre sísmico. Fuente: CONRED



Fig. 8.4 - Imágenes de los daños en viviendas de Santa Rosa debido al enjambre sísmico. Fuente: CONRED

Evaluaciones de daños y análisis de necesidades realizadas en áreas afectadas por los sismos en el departamento de Santa Rosa reportaron: 2 mil 574 personas afectadas; 2 mil 075 personas damnificadas; 2 mil 180 evacuados; 1 mil 930 albergados; 15 heridos y una persona fallecida. También se reportan 388 viviendas con daños leves, moderados y severos, según (CONRED 2011b).

8.1.2 Principales erupciones en Guatemala

Según los registros del INSIVUMEH publicados en su portal, en los períodos 1900-1903 y 1949-1950, el volcán Tacaná manifestó erupciones freáticas que lanzaron ceniza y una gran cantidad de emisión de gases. En mayo de 1986, una erupción del mismo volcán dio origen a un pequeño cráter de 3,600 msnm en el flanco Noroeste del volcán.

Así mismo, INSIVUMEH registra que el volcán Santa María, hizo erupción (tipo pliniana), en octubre de 1902, la columna de ceniza alcanzó una altura de 27-29 km; produjo un cráter de 1,000 m de largo por 700 m de ancho en la ladera Suroeste del Volcán. Se estima que el volumen de material prioclasto expulsado, fue del orden de 10 km^3 y cubrió un área de 150 km^2 con más de un metro de ceniza. Murieron aproximadamente 6,000 personas y el sonido de la explosión se escuchó hasta Costa Rica. Esta erupción está catalogada como una de las más violentas del siglo XX a nivel mundial.

deceduta. Inoltre 388 abitazioni con danni tra lievi, moderati e gravi. (CONRED 2011b).

8.1.2 Principali eruzioni vulcaniche nel Guatemala

Ai sensi dei registri dell'INSIVUMEH pubblicati sul proprio portale informatico, nei periodi 1900-1903 e 1949-1950, il vulcano Tacaná attivò delle eruzioni freatiche che emisero della cenere e abbondante gas. Nel maggio del 1986, un'eruzione dello stesso vulcano diede origine ad un nuovo piccolo cratere alto 3600 m slm, sul versante NW del vulcano.

Inoltre, l'INSIVUMEH registrò che il vulcano Santa María provocò un'eruzione pliniana nell'ottobre del 1902, la cui colonna di cenere raggiunse un'altezza di 27-29 km; tale eruzione produsse inoltre un cratere lungo 1000 m e largo 700 m sul versante SW del vulcano. Il materiale piroclastico espulso si stima sui 10 km^3 il quale coprì un'area di 150 km^2 con più di un metro di cenere. Trovarono la morte circa 6000 persone ed il frastuono raggiunse il Costa Rica. Questa eruzione viene classificata come una delle più violente del XX secolo a livello mondiale.

El complejo de cuatro domos de lava (Caliente, La Mitad, El Monje y El Brujo) que actualmente se conoce como Santiaguito, empezó a formarse en 1922 dentro del cráter dejado por la erupción de 1902 del Volcán Santa María. Desde entonces ha seguido creciendo, en volumen principalmente, producto de ríos de lava, nubes ardientes y columnas de ceniza que han alcanzado varios miles de metros de altura. La erupción, tipo pliniana, más grande ocurrió en 1929, la cual mató aproximadamente a 2,500 personas. Mucho del material expulsado es arrastrado por las lluvias produciendo lahares que siguen el cauce de los ríos que nacen en sus faldas, lo que obligó al traslado de la población de El Palmar.

Uno de los volcanes más activos de Guatemala es el volcán de Fuego. Las erupciones (tipo vulcaniano) más violentas del siglo XX ocurrieron en 1932, 1971, 1974 y 1999. Elevando columnas de ceniza de 5 a 10 km de altura, dejando depósitos de 40 cm de espesor en las proximidades y de 2 cm a varios cientos de kilómetros de distancia.

El volcán de Pacaya es el volcán que ha presentado mayor actividad en la segunda mitad del siglo XX y lo que va del siglo XXI. Las principales erupciones (tipo estrombolianas) del siglo XX levantaron columnas de ceniza de 1 a 8 km en los años de 1987, en mayo y septiembre de 1998 y en enero del 2000. La erupción de mayo de 1998 provocó el cierre del aeropuerto internacional La Aurora.

El 27 de mayo del 2010 hizo erupción el volcán de Pacaya de forma ininterrumpida desde las 19:00 horas hasta la media noche. Una persona resultó muerta y unas 2,000 fueron forzadas a evacuar sus hogares. La erupción generó una columna de ceniza que alcanzó hasta unos 1,500 metros de altura, lanzando pequeñas rocas y abundante arena. Por la fuerza del viento del Sur hacia el norte, las cenizas y arena cayeron sobre la ciudad de Guatemala, obligando al cierre temporal del aeropuerto internacional La Aurora. Las cenizas y arena alcanzaron la región al norte del cono volcánico, afectando los poblados de San Vicente Pacaya, ubicados en sus faldas, así como poblaciones de Amatitlán, Villa Nueva, Villa Canales y Ciudad Guatemala. Informaciones generada por CONRED indicaron que algunas poblaciones ubicadas aún más lejos del volcán, como El Progreso y Salamá, al norte de la ciudad capital, también fueron afectadas. Esta erupción explosiva del Pacaya creó un nuevo cráter en el lado sureste del complejo volcánico, lo que generó un nuevo río de lava que afectó a varias fincas y aldeas de Villa Canales. La lava fluida, acompañada de desprendimiento de gases abundantes y violentos, con proyecciones de escoria, descendió por

Il complesso di quattro duomi lavici (Caliente, La Mitad, El Monje ed El Brujo) che attualmente viene chiamato Santiaguito, iniziò la sua formazione nel 1922 all'interno del cratere creato dall'eruzione del suddetto vulcano Santa Maria nel'anno 1902. Da allora cresce in modo continuo, soprattutto in volume, per le colate piroclastiche (o nube ardente) e per le colonne di cenere che hanno raggiunto migliaia di metri di altezza. L'eruzione più grande, tipo pliniana, ebbe luogo nel 1929 e uccise circa 2500 persone. Molto del materiale magmatico espulso venne trascinato dalle piogge producendo dei lahar che seguono i corsi d'acqua che affiorano sulle sue falde, il che portò al trasferimento del villaggio El Palmar.

Uno dei vulcani più attivi del Guatemala è il vulcano Fuego. Le sue eruzioni (tipo vulcaniano) più violente lungo il XX secolo accaddero negli anni 1932, 1971, 1974, 1999. Caratteristiche comuni: colonne di cenere alte 5-10 km, detriti sparsi di 40 cm di spessore nei dintorni e di 2 cm a varie centinaia di km di distanza.

Il vulcano Pacaya è quello che ha presentato maggiori attività dalla seconda metà del XX secolo fino ad oggi. I suoi principali fenomeni eruttivi (tipo stromboliani) durante il XX secolo ebbero colonne di cenere alte 1-8 km nel 1987, a maggio e a settembre del 1998 e nel gennaio del 2000. L'eruzione di maggio del 1998 provocò la chiusura temporanea dell'aeroporto internazionale La Aurora.

Il 27 maggio 2010, però, lo stesso vulcano ebbe un'attività eruttiva ininterrotta, dalle ore 19.00 fino a mezzanotte. Una persona morì e circa 2000 furono costrette ad abbandonare le loro case. Il fenomeno generò una colonna di cenere che raggiunse i 1500 m scagliando piccoli massi e abbondante materiale sabbioso. Le ceneri caddero sulla Città del Guatemala, spinte dal vento con direzione Sud-Nord, costringendo, ancora una volta, alla chiusura temporanea dell'aeroporto La Aurora. Le cenere e anche il materiale sabbioso raggiunsero il lato Nord del cono vulcanico, interessando il villaggio di San Vicente Pacaya, sulle sue falde, nonché le popolazioni di Amatitlán, Villa Nueva, Villa Canales e della stessa Città del Guatemala. Ai sensi di informazioni rese pubbliche dalla CONRED, furono interessati, anche alcuni centri abitati ben più lontani dal vulcano, specie El Progreso e Salamá, al Nord della capitale. Questa eruzione, a carattere esplosivo, del Pacaya formò un nuovo cratere sul fianco SE dell'edificio vulcanico, dal quale scaturì un flusso lavico che recò danni sui terreni e i villaggi di Villa Canales. La lava liquida,

laderas y barrancos, pero no alcanzó mayor extensión (CEPAL, 2010).

En las poblaciones de Escuintla, Guatemala y Sacatepéquez la ceniza volcánica acumulada alcanzó hasta 10 cm de espesor. CONRED declaró la alerta roja para las comunidades cercanas al volcán y recomendó la evacuación de El Patrocinio y El Rodeo. La excesiva lluvia causada por la entonces depresión tropical Ágatha empeoró la situación y disparó numerosos lahares (CEPAL, 2010).

8.1.3 Principales eventos hidrometeorológicos ocurridos en Guatemala

Los primeros registros de eventos hidrometeorológicos que han afectado el territorio guatemalteco incluyen la tormenta tropical Gilda en septiembre de 1954, el huracán Abby en julio de 1960, el huracán Anna en julio de 1961, huracán Hattie en octubre de 1961, tormenta Laura en noviembre de 1971, huracán Fifi en septiembre de 1974, huracán Greta en septiembre de 1978. De estos huracanes se sabe que tocaron territorio guatemalteco por la trayectoria que registró el Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos de Norte América, sin embargo no se cuenta con registros de daños.

El huracán Fifí se gestó entre las 2 y las 8:30 p.m., del día 16 de septiembre de 1974. A las 2pm constituía una tormenta tropical ubicada ligeramente al sur de la punta occidental de Jamaica. El día 19 de septiembre el huracán penetró a territorio Guatemalteco a través de Izabal. Se registraron daños en la franja transversal del norte, en especial en los departamentos de Izabal y Alta Verapaz. Se desconoce el monto de pérdidas económicas y daños personales causados por el paso de dicho huracán.

El 31 de octubre de 1998 el huracán Mitch penetró en el territorio guatemalteco y provocó lluvias abundantes en Puerto Barrios, Cobán y Zacapa. El 1 de noviembre, convertido en depresión, se desplazó lentamente en el país, de este a oeste y ocasionó intensas lluvias que duraron hasta el siguiente día. El día 3 volvió a tomar fuerza y la depresión se convirtió nuevamente en tormenta tropical, pero varió su trayectoria y se dirigió al nordeste rumbo a Campeche, México. El 4 abandonó definitivamente el territorio nacional. Del 1 al 3 de noviembre se registraron lluvias tan fuertes

insieme ad abbondante gas e lancio di scorie, scese sulle falde ma non si estese ampiamente. (CEPAL, 2010).

Nel territorio dei Dipartimenti di Escuintla, Guatemala e Sacatepequez, le ceneri vulcaniche accumulate raggiunsero anche i 10 cm di spessore. La CONRED fece scattare l'allarme rosso per i centri abitati nei pressi del vulcano e raccomandò lo sfollamento di El Patrocinio ed El Rodeo. La pioggia abbondante causata dalla concomitante depressione tropicale Agatha peggiorò la situazione e innescò diversi lahar (CEPAL, 2010).

8.1.3 Principali eventi idrometeorologici accaduti nel Guatemala

I primi registri di eventi idrometeorologici che hanno interessato il territorio guatemalteco includono: la tormenta tropicale Gilda, nel settembre del 1954; l'uragano Abby, in luglio 1960; l'uragano Ann in luglio del 1961; l'uragano Hattie in ottobre dello stesso anno; la tormenta Laura in novembre 1971; l'uragano Fifí in settembre 1974; l'uragano Greta in settembre 1978. Di questi uragani, che colpirono il territorio guatemalteco, si sa della loro traiettoria per via delle informazioni provvedute dal National Hurricane Center (NHC) degli Stati Uniti, ma non vi è traccia di danni.

L'uragano Fifí inizia il suo percorso tra le ore 14.00 e le 20.30 del giorno 16 settembre 1974. Nei primi momenti era una tormenta tropicale localizzata leggermente a sud dello stremo Ovest della Giamaica. Il 19 settembre l'uragano raggiunse il territorio del Guatemala attraverso Izabal. Danni nella zona del centro-Nord, specie nei dipartimenti di Izabal e Alta Verapaz sono stati riportati. Non si hanno invece registri delle perdite economiche e dei danni alle persione causati da questo uragano.

Il 31 ottobre 1998 l'uragano Mitch raggiunse il Guatemala e provocò abbondanti precipitazioni su Puerto Barrios, Cobán e Zacapa. Il 1 novembre, ormai diventato una depressione tropicale, attraversò piuttosto lentamente il territorio del Paese, da E ad W, portando diffuse e abbondanti piogge durate fino all'indomani. Entro il 3 novembre riprese le forze e la depressione divenne ancora una volta una tormenta tropicale, ma cambiando la sua traiettoria con direzione Nord-Est, verso Campeche, Messico. Entro il 4 abbandonò definitivamente il

en los departamentos de Guatemala y Escuintla que la precipitación pluvial superó, en ese lapso, la que se había registrado en todo el año (PNUD, 1999).

De acuerdo con la CEPAL, la mayor parte de la población que sufrió las consecuencias del paso del Mitch era la conformada por los grupos de bajos ingresos que habitan en los departamentos de Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, Escuintla y Guatemala. Fueron casi 750,000 las personas afectadas, de las cuales debieron ser evacuadas más de 106,000. El número de niños damnificados, menores de cinco años, ascendió a 120,000 y a 37,500 la cantidad de madres gestantes. Se registraron 268 muertes y un número similar de heridos (PNUD, 1999).

El número de víctimas quizás habría sido aún mayor de no haber mediado los sistemas de alerta temprana a la población, que facilitaron la evacuación dos días antes de la llegada del sistema.

Stan fue la decimocuarta tormenta tropical y el décimo huracán de la temporada de huracanes del océano Atlántico en el año 2005. Dicho fenómeno se ha considerado como una tormenta relativamente fuerte que en un corto período de tiempo se convirtió en un huracán categoría 1, el cual ocasionó inundaciones y destrucción en Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Haití y México (ver trayectoria de la tormenta en Fig. 8.5) (SEGEPLAN, 2006).

Según la Segeplan 2006, los reportes de los daños causados por la tormenta tropical Stan reflejan cifras elocuentes: 3.5 millones de personas afectadas, 669 personas fallecidas, 133 municipios y 15 departamentos afectados. El impacto total se estimó en Q.7,511.20 millones, los cuales representan el 3.1% del PIB de 2004.

Stan afectó duramente 1156 comunidades, ubicadas principalmente en las zonas del Sur y del Altiplano occidental de la República (Fig. 8.6). Resaltando esta ultima debido a que es donde se registran los índices de pobreza más severos. En ese sentido, la tormenta tropical Stan tuvo un significativo impacto en las condiciones de vida de los grupos de población productiva y étnica más vulnerable de la sociedad guatemalteca, como consecuencia de la destrucción de capital físico y humano, así como por el deterioro de las redes comunitarias y, en general, del tejido social (SEGEPLAN, 2006).

La tormenta tropical Ágatha fue un ciclón tropical originado al este del Océano Pacífico, en el área de influencia de la Zona de Convergencia Intertropical.

Guatemala ma non senza aver causato prima, nel periodo 1-3 novembre, in particolare nei Dipartimenti di Guatemala ed Escuintla, precipitazioni che superarono quelle registrate lungo l'intero anno (PNUD, 1999).

Secondo la CEPAL, il ceto sociale più colpito che subì maggiormente le conseguenze disastrose del Mitch fu proprio quello dei gruppi poveri dei Dipartimenti di Alta Verapaz, Izabal, Zacapa, Escuintla e Guatemala. Circa 750 mila furono le persone interessate, delle quali più di 106 mila evacuate. I bambini, in particolare i 120 mila minori di cinque anni, soffrirono in modo diretto gli effetti dell'uragano, e le madri incinte interessate furono 37.500. I morti furono 268 pari al numero dei feriti. (PNUD, 1999).

Il numero delle vittime sarebbe stato ben più alto se non ci fosse stato l'allarme inmediato che avvertì la popolazione, il che rese più rapida l'evacuazione due giorni prima dell'arrivo dell'uragano.

Stan, da parte sua, fu la quattordicesima tormenta tropicale, e in seguito divenuto il decimo uragano, della stagione di uragani nell'Oceano Atlantico nell'anno 2005. Considerato una tormenta relativamente forte che però in poco tempo si trasforma in uragano di categoria 1, causò inondazioni e distruzione in Belize, Costa Rica, El Salvador, Guatemala Haiti e Messico (si veda la traiettoria della tormenta in Fig. 8.5) (SEGEPLAN, 2006).

Secondo i rapporti della SEGEPLAN 2006, le cifre dei danni causati dalla tormenta sono di gran lunga enormi: 3,5 milioni di persone interessate; 669 persone decedute; 133 comuni e 15 Dipartimenti interessati. Le perdite economiche furono stimate in Q 7.511,20 milioni, rappresentando così il 3,1% del PIL del 2004.

Stan provocò gravi danni in 1156 comunità insediate nella zona Sud e sull'altopiano occidentale del Paese (Fig. 8.6), porzione quest'ultima dove si localizzano i livelli più gravi di povertà. In questo senso, si deve dire che la tormenta tropicale Stan ebbe un significativo impatto nel tenore di vita delle popolazioni economicamente ed etnicamente più vulnerabili della società guatemalteca, a causa della distruzione delle abitazioni, delle vittime umane nonché del deperimento delle reti stradali comunitarie e, in genere, del tessuto sociale (SEGEPLAN, 2006).

La tormenta tropicale Agatha iniziò nell'Est dell'Oceano Pacifico, nell'area di influsso della Zona di Convergenza



Fig. 8.5 - Imagen de la trayectoria y desplazamiento del Huracán Stan. Fuente: INSIVUMEH.



Fig. 8.6 - Áreas Damnificada y Afectada por la tormenta Stan. Fuente: SEGEPLAN, 2006

Agatha fue la primera tormenta de la temporada de huracanes del 2010 en el Pacífico oriental.

El 24 de mayo se originó en las costas de Costa Rica. El 28 de mayo se situó al suroeste de Guatemala, pero para este día el acumulado de lluvia ya había propiciado las condiciones para que se desarrollaran inundaciones, desbordamientos de ríos y deslizamientos de tierra, en varios lugares de Guatemala (CEPAL, 2010).

Al tocar tierra, Agatha causó deslizamientos de tierra e innumerables ríos desbordados, oleaje de hasta cuatro y cinco metros de altura, cobrando la vida de varias decenas de personas, desplazando a cientos de miles y provocando la destrucción de miles de hogares e infraestructura (CEPAL, 2010).

A las 2 pm del 30 de mayo, Agatha se localizaba en las costas de Guatemala entre el puerto de San José y la frontera con México, con vientos máximos sostenidos de 75 km por hora. Posteriormente el sistema se desplazó e ingresó a Guatemala entre la noche del sábado y tempranas horas del domingo 31. La condición de temporal se mantuvo en todo el país con las lluvias continuas e intermitentes moderadas a muy fuertes en intensidad, con énfasis en la franja costera, el occidente y el centro del país.

En el 2011, el 12 de octubre un sistema de baja presión sobre aguas del Pacífico se convierte en la depresión tropical 12E, con centro a 150 km al oeste de Retalhuleu sobre el litoral pacífico de Guatemala, con vientos máximos sostenidos de 55 km por hora. Ello provocó un incremento de lluvias con el consecuente efecto de saturación de suelos y exceso de humedad en el ambiente, condiciones propicias que generaron emergencias en 170 municipios de los 22 departamentos del territorio nacional (CEPAL y BM, 2011).

La afectación incluyó: personas en riesgo (20,529), personas afectadas (254,903), personas damnificadas (63,242), personas evacuadas (28,854), personas albergadas (16,041), personas desaparecidas (3), personas heridas (12), personas fallecidas (36). La población afectada en este evento fue de 254,903 personas contra 338,543 en Agatha (CEPAL y BM, 2011).

La depresión ocasionó daños y pérdidas (Fig. 8.8) por mas de 2,697.08 millones de quetzales, lo que representa el 0.4% del PIB del país esperado para el año 2011. El mayor impacto lo sufrió el sector transversal con un 44.7%, luego el sector productivo con el 27.4%, el sector social con el 16.7% y la infraestructura con 11.2%.

Intertropicale. Fu la prima tormenta della stagione di uragani del 2010 nel Pacifico orientale.

Formatasi il 24 maggio di quell'anno nelle coste del territorio del Costa Rica, Agatha arrivò, il 28, al Sud-Ovest del Guatemala, data nella quale l'accumulo delle piogge aveva già creato le condizioni per lo sviluppo di inondazioni che innescarono l'esondazione dei fiumi e frane tipo debris flow in diversi siti del Guatemala (CEPAL, 2010).

Nel mare, Agatha innescò onde alte 4-5m e toccando terra, causò frane, la tracimazione di molti corsi d'acqua, decine di morti, migliaia di dispersi e la distruzione di tantissime abitazioni ed infrastrutture (CEPAL, 2010).

Alle ore 14.00 del 30 maggio, questa tormenta tropicale si trovava nelle coste del Guatemala, tra il porto San José ed il confine col Messico, con venti massimi di 75 km orari. In seguito, il sistema si spostò raggiungendo il Guatemala nella notte tra il 30 e il 31 maggio. Mantenne la condizione di temporale nel suo passaggio lungo il territorio guatemalteco, caratterizzato da piogge continue e intermitenti ed intensità da moderata a molto alta, con enfasi nella striscia costiera, nell'occidente e nel centro del Paese.

Nel 2011, il 12 ottobre, un sistema di bassa pressione sulle acque pacifiche si trasforma nella depressione tropicale 12E, il cui centro si localizò a 150 km all'Ovest di Retalhuleu sul litorale pacifico del Guatemala, con raffiche di 55 km orari. Ciò incrementò le piogge con i conseguenti effetti di suoli saturi ed eccesso di umidità nell'ambiente, condizioni propizie per generare situazioni di emergenza in ben 179 comuni dei 22 dipartimenti del territorio nazionale (CEPAL e Vigili del Fuoco, 2011).

Il dissesto interessò: persone a rischio 20.529; persone a vario titolo coinvolte 254.903; persone sinistrate 63.242; persone evacuate 28.854; persone ricoverate 16.041; persone disperse 3; feriti 12; deceduti 36. Il numero di persone interessate fu molto vicino a quello di Agatha 338.543 (CEPAL e Vigili del Fuoco, 2011).

La depressione suddetta innescò danni e perdite (Fig. 8.8) per più di Q 2.697,08 milioni, il che rappresenta lo 0,4% del PIL del Paese prevvisto per l'anno 2011. Il maggiore impatto avvenne nel settore "trasversale" (44,7%), poi il settore produttivo (27,4%), il settore sociale (16,7%) e infine l'infrastruttura (11,2%).

8.1.4 Principales deslizamientos ocurridos en Guatemala

El 30 de mayo del 2000, en Senahú, Alta Verapaz, ocurrieron 10 flujos de lodo en el Barrio El Calvario, teniendo como saldo 13 personas fallecidas y varias viviendas destruidas. Nuevamente el 15 de junio del 2005 otros deslizamientos y flujos de lodo en el casco urbano dieron como saldo, 22 personas fallecidas, vivienda e infraestructura destruida.

En el 2005, la noche del 4 de octubre, siendo aproximadamente las 22 horas y luego de más de 250 mm de lluvia acumulada, se dispararon varios deslizamientos en el flanco nor-oeste del volcán Atitlán los cuales dieron origen a un destructivo flujo de lodo (Fig. 8.7, 8.8) que sepultó los cantones de Panabaj y Tzanchaj en el municipio de Santiago Atitlán, Sololá (Fig. 8.9). Los datos oficiales reportaron más de 600 personas desaparecidas de las cuales fueron rescatados alrededor de 82 cuerpos sin vida (OXFAM, 2006).

Según el reporte elaborado por el INSIVUMEH (INSIVUMEH sf), los deslizamientos generaron una acumulación de material en las quebradas lo que provocó represamientos que fueron rotos por la presión. Estos flujos al entrar en contacto con el área poblada, resultaron en los siguientes daños: destrucción total por soterramientos y oleadas de coladas de lodo y arena de vivienda popular de hasta dos pisos de altura, de toda el área que cubría la parte alta del cantón Panabaj, destrucción parcial de vivienda en el Cantón Tzanchaj, pérdidas de un 80% de la totalidad de cosechas de granos básicos y horticultura que se encontraba en los terrenos de sembradíos cercanos al poblado, pérdida de la red social de los cantones de Panabaj y Tzanchaj, traumas post desastre en todos los sobrevivientes de los cantones antes mencionados.

El 4 de enero del 2009, un deslizamiento de miles de toneladas de piedra y escombros dejó un saldo de 38 personas fallecidas, la interrupción de la vía de comunicación y dificultades al comercio y comunicación entre comunidades.

Durante las primeras horas del martes 20 de septiembre de 2011 se registró un deslizamiento (Fig. 8.10) en la comunidad El Manantial del municipio de Barillas en Huehuetenango, incidente que soterró 4 viviendas y se reportan 12 personas desaparecidas, 1 persona fallecida y 1 persona rescatada con vida, datos preliminares proporcionado por cuerpos de socorro que se localizan en dicha comunidad.

8.1.4 Principali fenomeni di frana avvenuti in Guatemala

Il 30 maggio 2000, a Senahú, Alta Verapaz, si attivarono 10 colate di fango, proprio nel quartiere El Calvario avendo come risultato 13 persone decedute e diverse case distrutte. Tempo dopo, il 15 giugno 2005, altre frane specie tipo colate di fango colpirono ancora una volta la suddetta località provocando la morte di 22 persone e danni sul patrimonio abitativo e sull'infrastruttura del luogo.

Nella notte del 4 ottobre 2005, verso le ore 22, in seguito a precipitazioni che provocarono un accumulo di oltre 250 mm di pioggia, si innescarono diverse frane sul fianco Nord-Ovest del vulcano Atitlán che diedero origine ad una distruttiva colata di fango (Fig. 8.7, 8.8) che travolse le contee di Panabaj e Tzanchaj nel Comune di Santiago Atitlán, Sololá (Fig. 8.9). I dati ufficiali riportano 600 persone disperse, in seguito furono ritrovati i corpi senza vita di 82 di esse (OXFAM, 2006).

Secondo il bilancio reso pubblico dall'INSIVUMEH (INSIVUMEH sf), le frane generarono un accumulo di materiale nei corsi d'acqua provocando sbarramenti in seguito rotti dalla corrente. I flussi generatisi provocarono nelle popolazioni vicine danni quale distruzione totale per sotterramento e ondate di colate di fango e sabbia che invasero le umili case della parte alta del villaggio Panabaj; parziale distruzione del patrimonio abitativo nel villaggio Tzanchaj, perdita di circa l'80% della raccolta di cereali e ortaggi nei terreni vicini ai due villaggi; distruzione della rete sociale con effetti di trauma post disastro nei superstiti delle località interessate.

Il 4 gennaio 2009, una frana recante migliaia di tonnellate di masse e detriti determinò la morte di 38 persone, lo sbarramento delle strade nonché difficoltà nel commercio e nella comunicazone tra le popolazioni.

Durante le prime ore del martedì 20 settembre 2011, nella località El Manantial del Comune di Barillas, Huehuetenango, e secondo i dati forniti dai soccorritori della comunità, un fenomeno franoso (Fig. 8.10) sotterrò quattro case e causò la morte di una persona, un'altra prima dispersa fu ritrovata viva.

8.1.5 Mixco 2012

El 01 de marzo de 2012, la CONRED declaró como zona de alto riesgo 5 colonias de la zona 1 del Municipio de Mixco, debido a un deslizamiento activo que afecta dicha área.

Según el boletín informativo que publicó la CONRED, en el lugar se identificó un deslizamiento activo que diariamente avanza de 2 a 5 centímetros, considerando que se puede incrementar la velocidad del movimiento de la ladera. Por tal motivo se procedió a realizar un censo y a trasladar a las familias a albergues uni-familiares.

La CONRED, luego de evaluar el área realizó un mapa de susceptibilidad que presenta el área de deslizamiento y su área de amortiguamiento (Fig. 8.11).

8.1.6 Otros eventos

Hundimiento zona 6, 2007. El 22 de febrero del 2007 se produjo un hundimiento en la 24 avenida y 6 calle de la zona 6, Barrio San Antonio. Según la Sociedad Geológica de Guatemala, el hundimiento tiene 25 metros de diámetro superficial, incrementándose en profundidad hasta 35 metros y tiene una profundidad de 60 metros. El sitio de hundimiento coincidió con la localización del pozo de visita No. 14 donde confluyen los colectores oriente y poniente del drenaje municipal (Fig. 8.12).

Hundimiento zona 2, 2010. De acuerdo a lo que reportó CONRED 2010, el día sábado 29 de mayo, en horas de la noche, se produjo una subsidencia del suelo (hundimiento) en la 6ª calle y 11 avenida "A" de la zona 2, evento que afectó a 2 viviendas de forma directa, provocó un orificio con un diámetro superficial aproximadamente de 20 metros de diámetro y 30m de profundidad (Fig. 8.13)

8.1.5 Mixco 2012

Il 1 marzo 2012, la CONRED dichiarò zona ad alto rischio 5 quartieri della zona 1 del Comune di Mixco, per via di una frana attivatasi nell'area suddetta.

Secondo il bollettino pubblicato dalla CONRED, nel sito si individuò una frana attiva che avanzava di 2-5 cm ogni giorno, e con tendenza ad incrementare la velocità del suo movimento. Si realizzò per questo un censimento e si spostarono le famiglie in appositi ricoveri.

La CONRED, dopo aver analizzato l'area, realizzò una carta di suscettibilità recante l'area di frana e la sua área di arginatura (Fig. 8.11).

8.1.6 Altri eventi

Il 22 febbraio 2007, una cavità si aprì nel quartiere San Antonio della zona 6 della Città del Guatemala, tra la 24 avenida e la 6 calle. Secondo la Sociedad Geológica de Guatemala, la cavità aveva 25m di diametro in superficie e si allargava in profondità fino a 35m, e raggiungendo i 60m di profondità. Il sito del fenomeno coincide con un incrocio della fognatura della città, nel pozzo di controllo n. 14 nel quale confluiscono le tubature Est ed Ovest (Fig. 8.12).

Il sabato 29 maggio 2010, un altro cedimento ebbe luogo, nella capitale. Secondo le informazioni fornite dalla CONRED, nella notte di quel sabato, nella 6° calle e 11 avenida "A" della zona 2 lo sprofondamento interessò direttamente 2 case con la cavità apertasi con un diametro superficiale di 20m raggiungendo i 30m di profondità (Fig. 8.13).



Fig. 8.7 - Imágenes del área afectada por los deslizamientos, Panabaj 2005. Fuente: INSIVUMEH, sf.



Fig. 8.8 - Imágenes del área afectada por los deslizamientos, Panabaj 2005. Fuente: INSIVUMEH, sf.

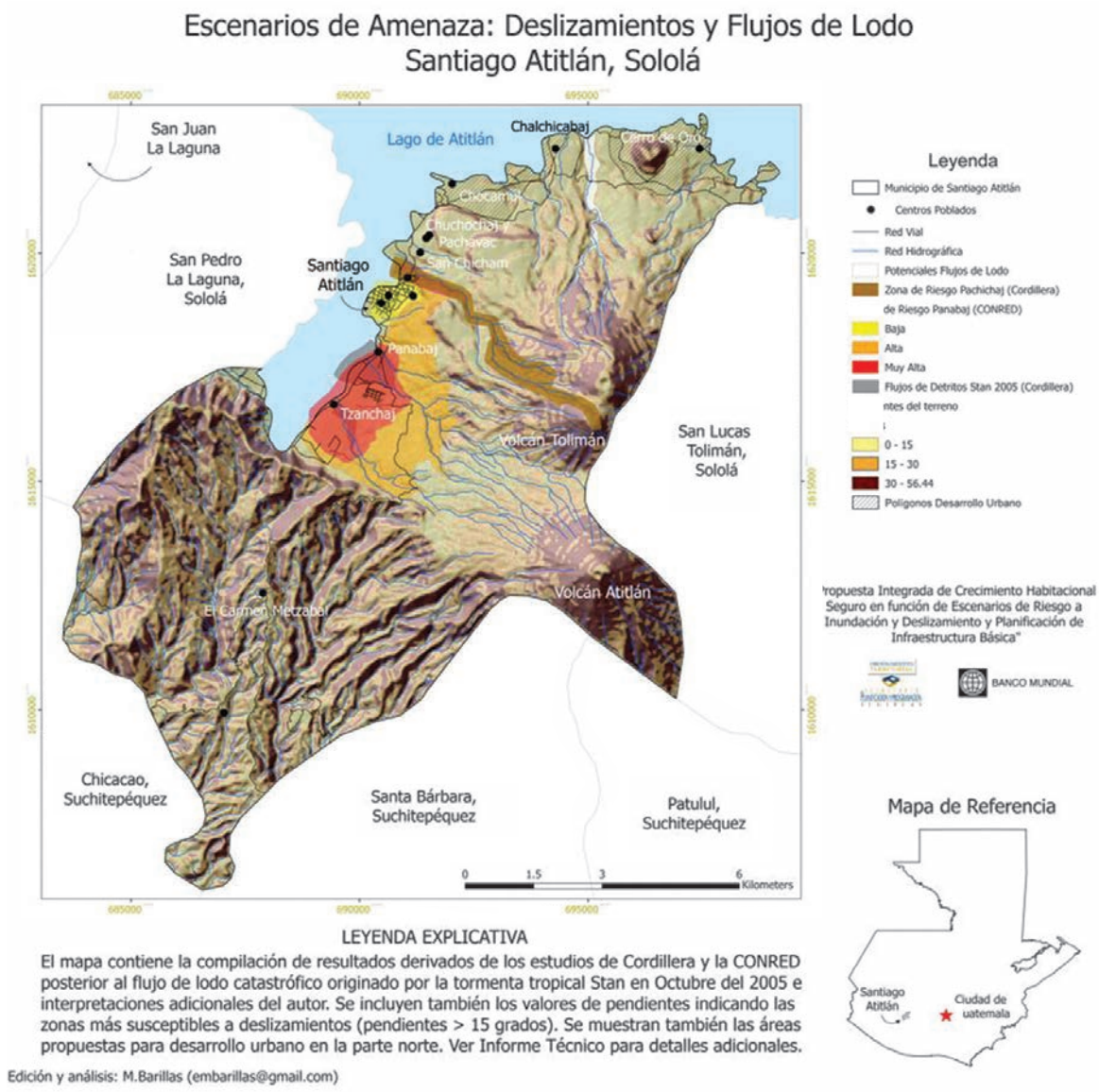


Fig. 8.9 - Escenarios de amenaza de movimientos en masa en Santiago Atitlán. Fuente: SEGEPLAN 2011.

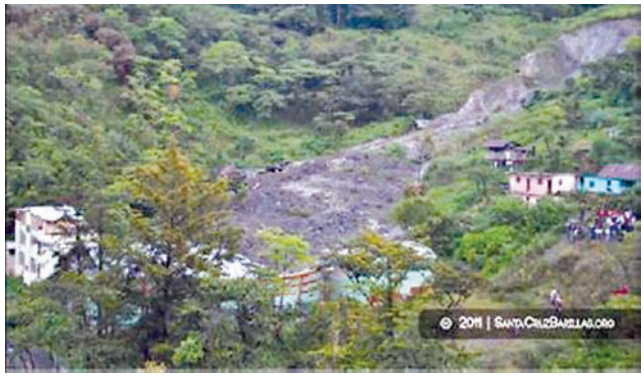


Fig. 8.10 - Dimensión del alud. Fuente: CONRED, 2011.

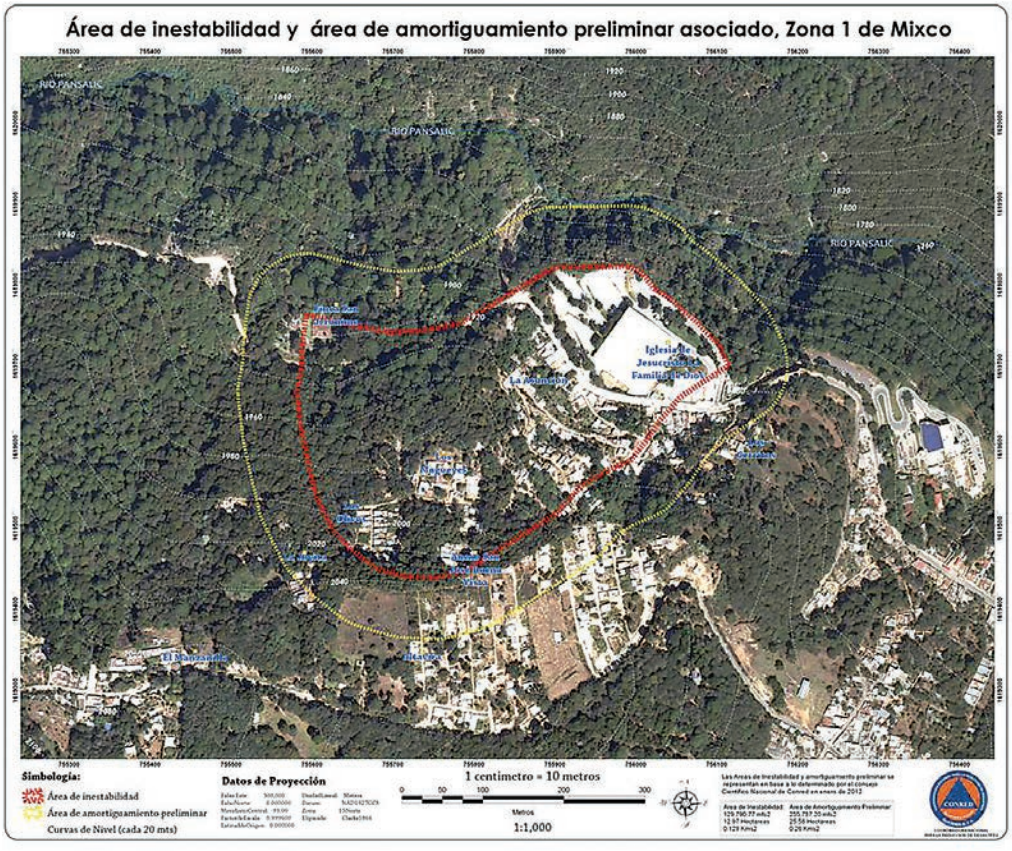


Fig. 8.11 - Área de inestabilidad zona 1 de Mixco, 2012. Fuente: CONRED.



Fig. 8.12 - Imagen del hundimiento en la zona 6, en 2007.



Fig. 8.13 - Imagen del hundimiento en la zona 6, en 2007.

8.2

Principales eventos ocurridos en El Salvador

(Ver tabla y mapas al final del capítulo)

Principali eventi accaduti in El Salvador

(Vedi tabella e carte alla fine del capitolo)

Desde la época precolombina y colonial, se tienen antecedentes que El Salvador ha estado sometido a situaciones de emergencia debido a la actividad tectónica, volcánica e hidrometeorológica. La actividad tectónica manifestada por diversos sismos, ha sido la que más cambios ha efectuado sobre la topografía del terreno. No obstante, y debido a la periodicidad de los eventos, los terremotos de fallas locales y las inundaciones han sido los que más pérdidas en vidas y bienes materiales han causado. Cabe mencionar el caso (Fig. 8.14) del Sitio Arqueológico Joya de Cerén (MARN 2010), que fue impactado por la erupción del Volcán Laguna Caldera, que cubrió totalmente una ciudad de origen Maya. Los eventos registrados en El Salvador en el siglo pasado (MARN, 2008) y parte del presente (Cuadro 12), evidencian la ocurrencia de dos grandes desastres por década a partir del año 1900, mostrando un territorio históricamente vulnerable a diversas amenazas naturales.

Sin dall'epoca precolombiana e coloniale si tengono registri che informano che El Salvador è stato colpito da emergenze innescate dalle attività tettoniche, vulcaniche e idrometeorologiche. L'attività tettonica manifestata tramite diversi terremoti ha provocato sulla topografia del terreno le maggiori trasformazioni. Per la frequenza, i terremoti causati da faglie locali e le inondazioni sono stati gli eventi che hanno causato più vittime e perdite economiche. Basti menzionare il caso (Fig. 8.14) del sito archeologico Joya de Cerén (MARN 2010), il quale fu interessato dall'eruzione del vulcano Laguna Caldera che ricoprì quella città dalle origini Maya. I registri degli eventi in El Salvador nel secolo scorso (MARN, 2008) e parte del presente (Tavola 12), evidenziano l'accadimento di almeno due grandi disastri per decennio a partire dall'anno 1900, il che indica questo Paese come un territorio storicamente vulnerabile a svariate minacce naturali.



Fig. 8.14 - Sitio Arqueológico Joya de Cerén en El Salvador, se observan las capas de cenizas volcánicas. Foto Edoardo Rotigliano, UNIPA.

Desastre	Año	Daños	Pérdida	Total Millones $
Inundaciones	1982	218.1	67.6	285.7
Terremoto de San Salvador	1986	1,351.3	429.8	1,781.2
Huracán Mitch	1998	219.9	283.8	503.7
Terremotos	2001	1,137.6	805.8	1,943.5
Sequía	2001		38.1	38.1
Huracán Stan	2005	177.4	217.4	394.8
Tormenta Tropical IDA	2009	135.5	108.4	243.9
Tormenta Ágata	2010	-	-	112.1
Tormenta 12E	2011	-	-	840.4

Cuadro.12 - Impacto económico de desastres evaluados por CEPAL en El Salvador de 1982 a 2011. Fuente: CEPAL 2009-2011

8.2.1 Eventos sísmicos

El Salvador junto a toda la región centroamericana, es una de las regiones de más alto nivel de riesgo sísmico (Scott Baxter, La Prensa Gráfica, 18 de enero de 2001 citado por CONACYT 2002). En los últimos cien años El Salvador ha sido afectado por al menos 13 sismos de gran magnitud (Cuadro 13). Entre ellos se pueden mencionar: el de Jucuapa-Chinameca del domingo 6 de mayo de 1951; el de San Salvador del 3 de mayo de 1965 y el de San Salvador del 10 de octubre de 1986. San Salvador capital de El Salvador ha sido llamada desde siempre como el Valle de las Hamacas, a raíz de la frecuencia con que se presentan los sismos, a tal grado que la capital ha sido trasladada en más de una ocasión, en búsqueda de sitios más seguros, así la Ciudad de Santa Tecla, antes Nueva San Salvador se convirtió en la ciudad más importante de El Salvador (OPS, 2001; Dinarte, sf.).

8.2.1 Eventi sismici

L'America Centrale, ed El Salvador come parte di essa, è una delle regioni a più alto rischio sismico al mondo (Scott Baxter, La prensa Gráfica, 18 gennaio 2001 citato da CONACYT 2002). Negli ultimi cent'anni, El Salvador è stato interessato da almeno 13 terremoti di grande magnitudo (Tavola 13). Tra questi spiccano:quello di Jucuapa-Chunameca della domenica 6 maggio1951, quello del 3 maggio 1965 e quello del 10 ottobre 1986, a San Salvador, la capitale di El Salvador, storicamente è stata chiamata la "Valle de las Hamacas" (Valle delle amache) giusto per la frequenza con cui i terremoti la scuotono, ragione per cui la capitale è stata più volte trasferita in cerca di terreni più sicuri. Fu così che Santa Tecla, prima Nueva San Salvador, divenne la città più importante di El Salvador (OPS, 2001; Dinarte, sf.).

Fecha	Detalle
23 de mayo de 1576	Completa destrucción de la ciudad, epicentro localizado entre San Marcos y Santo Tomás
30 de septiembre de 1659	Completa destrucción de la ciudad y violenta erupción del Volcán El Boquerón el cual permanece inactivo hasta 1917
? 1707	Completa destrucción de la ciudad
? 1719	Completa destrucción de la ciudad
2 de febrero de 1798	Completa destrucción de la ciudad, mayor daño en Cuscatlán, al sur oeste de la capital
22 de marzo de 1839	Completa destrucción de la ciudad. Daño también a Nejapa y Quezaltepeque al norte de la capital
16 de abril de 1854	Mayor desastre causado por un terremoto a la ciudad, mayor intensidad estuvo cerca del Cerro San Jacinto. La capital fue transferida a Santa Tecla (pero retornada al sitio original en 1895).
1 marzo 1873	Epicentro presumiblemente cerca de Santo Tomas
Diciembre 1879/enero 1880	Terremoto procedente de la erupción en el Lago de Ilopango
1 junio 1917	Mayor desastre. Terremoto simultáneamente con erupción del Boquerón, numerosas replicas (19 de junio 1917)
28 abril 1919	Similar al terremoto del 3 de mayo de 1965. Más de 100 muertos. Cayeron las casas dañadas por el terremoto de 1917
20 diciembre 1936	Magnitud 6.1
6 mayo 1951	Magnitud 6.2
3 mayo 1965	Epicentro entre San Marcos y Santo Tomás. Considerable destrucción en un rango de 15 kilómetros, mas de 120 muertos. El sismo principal estuvo precedido por pequeños temblores durante 3 meses, intensidad de 6 a 6.5
10 octubre 1986	Epicentro en la Cadena Volcánica, con una profundidad de 10 km y manitud de 5.4
13 enero 2001	Magnitud 7.6
13 febrero 2001	Magnitud 6.6

Cuadro 13 - Los Terremotos más catastróficos en San Salvador (Tomado de: Lomnitz & Schulz, p.563; citado por Schmidt. Thome M, 1975).

Terremoto del 10 de octubre de 1986

El terremoto del 10 de octubre de 1986 ocurrió a las 11 horas, 49 minutos (hora local), con una magnitud de 5.4, con una profundidad de 10 kms y el epicentro ubicado (Fig. 8.15) en las coordenadas 13.67°N y 89.18°O a pocos kilómetros de la ciudad de San Salvador (Fig. 8.16) (White & Harlow, 1993, citado por Bommer, J, 1998). Este sismo dejó un total de 1,500 muertos, 10,000 heridos y 100,000 damnificados (Bommer & Ledbetter, 1987; Harlow y otros, 1993).

Il terremoto del 10 ottobre 1986

Questo terremoto, accaduto alle ore 11 e 49 minuti ora locale, ebbe una Magnitudo di 5,4, una profondità di 10 km con epicentro localizzato (Fig. 8.15) a 13.67°N e 89.18°W, a pochi chilometri dalla città di San Salvador (Fig. 8.16) (White & Harlow, 1993, citato da Bommer, J, 1998). Questo sisma causò 1.500 morti, 10.000 feriti e 100.000 sinistrati (Bommer & Ledbetter, 1987; Harlow et al., 1993). Una forte replica, alle ore 17.25 del 13 ottobre scatenò il panico nell'intera città ma non causò danni.

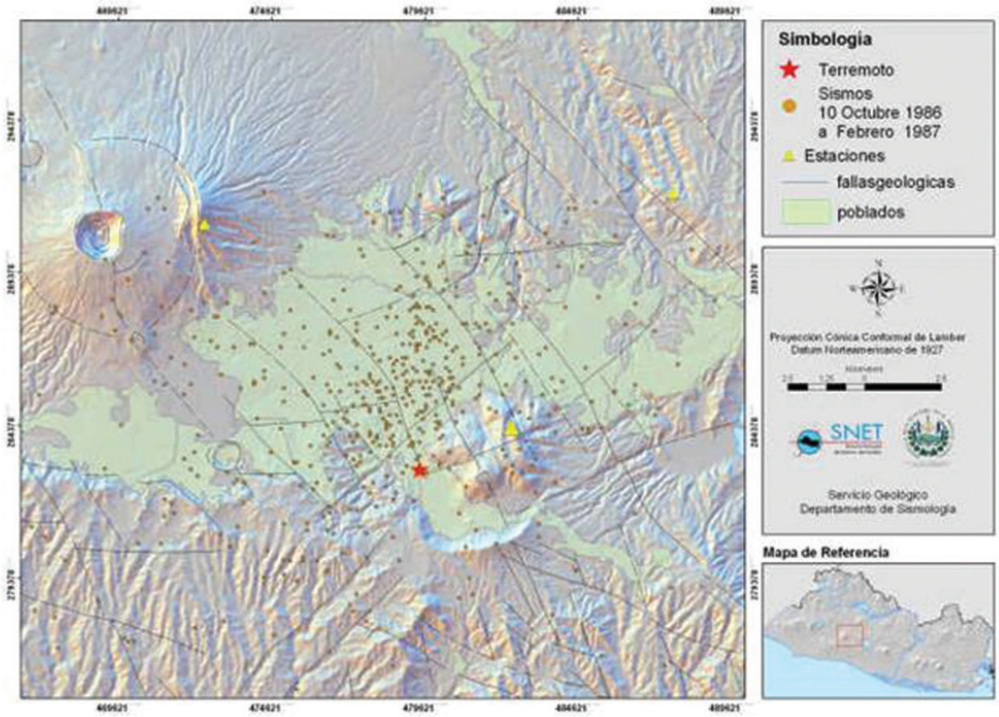


Fig. 8.15 - Esquema de ubicación del epicentro Terremoto del 10 octubre de 1986. Servicio Nacional de Estudios Territoriales.



Fig. 8.16 - Fotografías publicadas por El Diario de Hoy, que muestran los efectos del Terremoto de 1986 en San Salvador. A la izquierda Monumento al Salvador del Mundo; derecha: Edificio Dueñas del Centro Histórico (EDH).

A las 5:25 p.m. del 13 de octubre una fuerte réplica produjo pánico en toda la ciudad pero causando pocos daños.

El terremoto principal produjo cientos de deslizamientos y derrumbes en un área al menos de 200 km^2, delimitada por la cadena costera, el cerro San Jacinto y el cerro de Mariona en la dirección N-S y el Volcán de San Salvador y el Lago de Ilopango en la dirección E- O. La mayoría de deslizamientos y derrumbes ocasionados por el terremoto fueron generalmente pequeños (con un volumen menor a los 100 m^3) en cenizas volcánicas poco consolidadas, localizados en cortes inclinados de carreteras y taludes naturales y artificiales en barrancas (Rymer, 1987 citado por Bommer, J, 1998).

Terremoto del 13 de enero de 2001

A las 11:35 del sábado 13 de enero de 2001, El Salvador fue azotado por un fuerte terremoto de una magnitud de 7.6 en la escala de Richter, cuyo epicentro se localizó frente a la Costa Pacífica de El Salvador (Fig. 8.17), a 65 Km al sur del departamento de Usulután originado por el acoplamiento de las placas del Caribe y Cocos y con una profundidad de 60 Km. Con 45 segundos de duración provoca destrucción generalizada en 172 de los 262 municipios del país, entre ellos Santa Ana, Jayaque, Comasagua, Nueva San Salvador, Santa Elena, San Vicente, San Agustín y muchos más. La mayor mortandad se centra en la zona residencial Las Colinas, al sur de la ciudad de Nueva San Salvador o Santa Tecla, donde un alud cae sobre cientos de casas y soterra a casi medio millar de personas. También los desprendimientos de millones de metros cúbicos de tierra y piedra sepultan los tramos de la Carretera Panamericana que conducen

Il terremoto principale innescò centinaia di frane, specie scivolamenti e crolli, su un'area di almeno 200 km^2 , limitata dalla catena costiera, dal monte San Jacinto ed il monte Mariona nella direzione N-S, e dal Vulcano San Salvador ed il Lago Llopango nella direzione E-O. La maggior parte delle frane innescate dal terremoto furono in generale povere (con volumi minori di 100 m^3) in ceneri vulcaniche sciolte, e localizzate su tagli stradali ripidi e pendii naturali e artificiali su burroni (Rymer, 1987 citato por Bommer, J, 1998).

Il terremoto del 13 gennaio 2001

Alle ore 11.35 del sabato 13 gennaio 2001, El Salvador fu colpito da un forte terremoto di Magnitudo 7,6 il cui epicentro fu localizzato sulla costa pacifica del Paese (Fig. 8.17), a 65 km al Sud del Dipartimento di Usulután originato dallo scontro delle placche Caraibi e Cocos e ad una profondità di 60 km. Durato 45 minuti, causò devastazione in 172 dei 262 comuni del Paese, tra essi Santa Ana, Jayaque, Comasagua, Nueva San Salvador, Santa Elena, San Vicente, San Agustín e molti altri. Il maggior numero di vittime mortali si ebbe nella zona residenziale Las Colinas, nel sud della città di Nueva San Salvador ovvero Santa Tecla, dove una frana piomba su centinaia di case sotterrando circa 500 persone. Inoltre lo scivolamento milioni di metri cubici di fango e massi sbarra tratti della "Carretera Panamericana" che unisce l'occidente e l'oriente del Paese, nei pressi di Los Chorros e la curva di La Leona, ove sono state sotterrate anche varie persone (OPS, 2001).

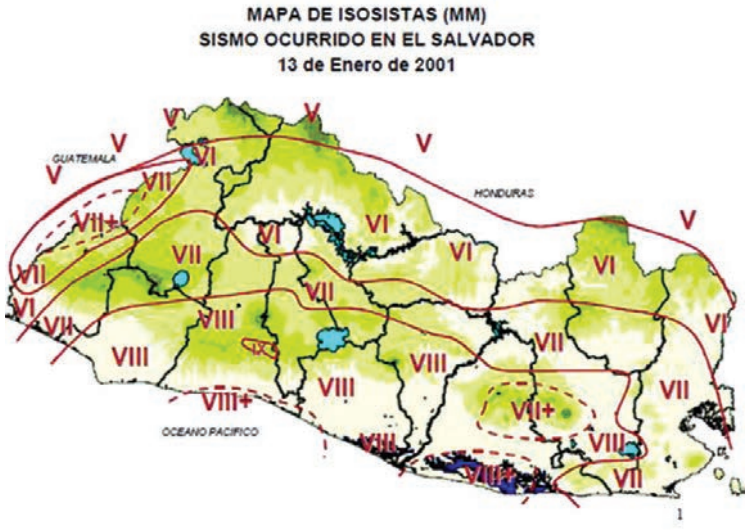


Fig. 8.17 - Mapa de Isosistas (mm) del terremoto ocurrido el 13 de enero de 2001 en El Salvador. Fuente CEPAL 2001.

al occidente y oriente del país, a la altura de Los Chorros y de la curva de La Leona, respectivamente, donde también quedan soterradas varias personas (OPS, 2001).

En informes de CEPAL (2001), la intensidad del sismo fue de entre VI y VIII grados en la escala modificada de Mercalli en el territorio salvadoreño. Al evento principal siguieron una gran cantidad de réplicas, muchas de ellas de gran intensidad con magnitudes de terremoto. El origen del terremoto fue tectónico.

La región centroamericana se ve frecuentemente afectada por sismos de origen en la subducción o acoplamiento entre las placas tectónicas del Caribe y de Cocos (Fig. 8.18), al liberarse la energía acumulada por la presión que ejercen mutuamente dichas placas a lo largo de la línea de contacto. Sin embargo, el Centro Sismológico de América Central (Boletín Informativo III-2001-01-18, op. Cit), afirma que el sismo se debió a que se produjo una fractura interna de la placa de Cocos debido a esfuerzos gravitacionales. Por haberse originado este fenómeno debajo de la zona de contacto entre las placas antes anotadas no generó un tsunami.

El Salvador, así como toda Centroamérica es un lugar donde con relativa frecuencia ocurren fenómenos sísmicos de importancia. Solamente en el siglo pasado se produjeron diez terremotos que ocasionaron daños de importancia, aunque el origen pueda haber sido tanto tectónico como volcánico. Cabe señalar que el del 13 de enero de 2001 es el terremoto de segunda mayor magnitud por debajo solamente del correspondiente a 1915, que llegó a 7.9 en la escala de Richter.

La relazione di CEPAL (2001) informa che l'intesità del sisma tra VI e VIII MM sul territorio salvadoregno. L'evento principale fu seguito da una grande quantità di repliche molte di esse di grande intensità. Si trattò di un terremoto di tipo tettonico.

La regione centroamericana spesso si ritrova interessata da movimenti tellurici originati nella zona di subduzione o di giuntura tra le placche tettoniche Caraibi e Cocos (Fig. 8.18), liberando l'energia accumulatasi per la pressione esercitata da entrambe le placche lungo la linea di contatto. Ciò nonostante, il "Centro Sismológico de América Central" (Boletín Informativo III-2001-01-18, op. Cit), afferma che il sisma è stato dovuto ad una rottura interna alla placca di Cocos originata da sforzi gravittivi. Essendosi originato al di sotto della zona di contatto interplacche, il fenomeno non innescò alcun tsunami.

El Salvador, insieme all'intera America Centrale, è un territorio dove con relativa frequenza si susseguono dei fenomeni sismici di rilievo. Solo nel pregresso secolo si ebbero ben dieci terremoti che provocarono danni di una certa importanza, anche se l'origine possa essere attribuita a cause sia tettoniche che vulcaniche. Si noti che quello del 13 gennaio 2001 è considerato il terremoto secondo nella classifica di maggiore magnitudo, superato solo da quello del 1915 che ebbe una magnitudo di 7,9.



Fig. 8.18 - Mapa tectónico de la Región Centroamericana (Novelo, David, Sismicidad en Centroamérica, CEPREDENAC, Panamá, enero de 2001). Fuente CEPAL 2001.

Terremoto del 13 de febrero de 2001

Considerados los primeros terremotos de este siglo junto al sucedido el 13 de enero (Lindholm Et al. 2007); el 13 de febrero a las 8:22 a.m., un mes después, en un escenario ya colapsado por el primer terremoto, lo cual vino a agravar la situación existente, se presentó un segundo terremoto, cuya magnitud fue de 6.6 en la escala de Richter, durante 20 segundos. Su ubicación fue en San Pedro Nonualco (Fig. 8.19), 30 Km al sureste de San Salvador (OPS, 2001).

En un punto ubicado a una latitud de 13.6 grados Norte y una longitud de 88.9 grados Oeste y a una profundidad estimada de solamente unos 13 kilómetros. La sucesión atípica de terremotos que ha ocurrido en El Salvador ha involucrado fracturas en las dos placas tectónicas que afectan al país (Cocos y Caribe), habiendo ocurrido el de mayor magnitud (el del 13 de enero) en la placa de Cocos. El segundo evento, en cambio, fue un fuerte sismo que tuvo origen en la placa del Caribe. Se debió al deslizamiento de fallas locales, originada probablemente por los esfuerzos de subducción de la placa del Caribe sobre la de Cocos (CEPAL, 2001).

La destrucción abarca entre el 50 y el 95 por ciento de las viviendas de la ciudad de San Vicente, Cojutepeque, Paraíso de Osorio, Candelaria, Verapaz, San Emigdio, San Juan Tepezontes, San Miguel Tepezontes, Guadalupe y los cantones Santa Cruz Analquito y Miraflores abajo (OPS, 2001).

Il terremoto del 13 febbraio 2001

Insieme a quello del 13 gennaio dello stesso anno (Lindholm et al. 2007), questo terremoto fu uno dei primi del presente secolo. Ebbe luogo il 13 febbraio alle ore 8.22, su uno scenario già devastato dal precedente terremoto, il che peggiorò la situazione esistente. La sua Magnitudo fu di 6,6 con una durata di 20 secondi. Fu ubicato a San Pedro Nonualco (Fig. 8.19), a 30 Km a S-E da San Salvador (OPS, 2001), su un punto localizzato ad una latitudine di 13.6°N e una longitudine di 88.9° W, ed ad una profondità stimata di soli 13 km.

L'alternanza atipica di terremoti verificatasi in El Salvador ha determinato rotture nelle due placche tettoniche che interessano il Paese (Cocos e Caraibi). Infatti, dei due terremoti di cui sopra, quello a maggiore Magnitudo (quello del 13 gennaio) ebbe luogo sulla placca di Cocos. Il secondo, invece, fu un forte sisma che ebbe la sua origine sulla placca Caraibi. Si deve allo scivolamento delle faglie locali, innescato probabilmente dagli sforzi di subduzione che la placca dei Caraibi esercita su quella di Cocos(CEPAL, 2001).

La devastazione coinvolse tra il 50 ed il 95% delle case delle città di San Vicente, Cojutepeque, Paraiso de Osorio, Candelaria, Verapaz, San Emigdio, San Juan Tepezontes, San Miguel Tepezontes, Guadalupe e le contee di Santa Cruz Analquito e Miraflores Abajo (OPS, 2001).



Fig. 8.19 - Destrucción de la ciudad de San Vicente a causa del terremoto del 13 de enero de 2001. LPG, 2012.



Fig. 8.20 - Erupción del volcán de Izalco en 1944. The National Geographic Magazine. http://www.elsalvadoreshermoso.com

8.2.2 Principales erupciones en El Salvador

Erupción del volcán de San Salvador en 1917. Inició unos 15 minutos después de un sismo que junto con otro ocurrido una hora después, causó daños en las poblaciones de Armenia, Ilopango, Quezaltepeque y sus alrededores. El flujo de lava se detuvo a unos 3 km de la Laguna de Chanmico, no hubo erupción de ceniza de importancia, pero si cayó ceniza húmeda durante varios días en la capital (Meyer Abich, 1956, citado por SNET 2011).

Gran erupción del volcán Ilopango (260 DC). Cubrió de ceniza volcánica pumítica (TBJ) la zona central de El Salvador.

Gran erupción de ceniza del volcán de San Miguel en 1970: lluvia de ceniza en San Jorge, Chinameca y Usulután.

Erupciones casi continuas del volcán de Izalco (Fig. 8.20): este volcán se caracteriza por su permanente actividad, desde su nacimiento en 1770 hasta el final de su período eruptivo en 1966 (era denominado el Faro del Pacífico por los navegantes). Actualmente presenta actividad fumarólica.

Gran erupción entre 1658 y 1659 y se forma el volcán El Playón al NW del volcán de San Salvador, capas de cenizas aún se encuentran en el sitio arqueológico Joya de Cerén.

El volcán de Santa Ana en 2005 (Fig. 8.21) en el mes de agosto de 2005 presentó la actividad previa un erupción, el 1 de octubre hubo una erupcion explosiva de ceniza, rocas y un alud de agua caliente.

8.2.2 Principali eruzioni in El Salvador

Eruzione del vulcano San Salvador in 1917. Iniziò circa 15 minuti dopo un sisma che insieme ad un altro verificatosi un'ora dopo, innescò danni nelle popolazioni di Armenia, Llopango, Quetzaltepeque e dintorni. Il flusso lavico si fermò a circa 3 km dalla Laguna de Chanmico. Non ebbe importanti emissioni di cenere ma per vari giorni la capitale fu coperta da cenere umida (Meyer Abich, 1956, citato da SNET 2011).

Grande eruzione del vulcano Llopango (260 DC). Coprì di cenere vulcanica pomicea (TBJ) la zona centrale di El Salvador.

Grande eruzione del vulcano San Miguel in 1970: pioggia cinerea su San Jorge, Chinameca e Usulután.

Eruzioni quasi continuative del vulcano Izalco (Fig. 8.20): caratterizzato da continua attività sin dalla sua nascita nel 1770 fino alla fine della sua fase eruttiva nel 1966 (epoca in cui era noto dai navigatori come il "Faro del Pacífico"). Attualmente presenta attività fumarolica.

Grande eruzione, tra 1658 e 1659, e formazione del vulcano El Playón a NW del vulcano San Salvador: strati di cenere si rinvengono tuttora sul sito archeologico Joya de Cerén.

Il vulcano Santa Ana nell'agosto di 2005 (Fig. 8.21), entrò in attività fino ad avere, il 1 ottobre, un'eruzione esplosiva che eruttava cenere, rocce e una fuoriuscita d'acqua calda.



Fig. 8.21 - Erupción del volcán de Santa Ana en 2005, desde las calles del pueblo de Izalco (foto autor desconocido disponible en http://flotilla-aerea.com).

8.2.3 Principales eventos hidrometeorológicos ocurridos en El Salvador

Huracán Mitch por El Salvador

Este fenómeno marcó la historia de los eventos meteorológicos en El Salvador en octubre de 1998, Mitch (Fig. 8.22) fue calificado como el desastre de origen hidro-meteorológico más grave que haya afectado a la región centroamericana en muchísimos años. No solo por la fuerza que alcanzó al tocar costas de la región centroamericana, sino también por la extensión de su diámetro, la acumulación de humedad y lluvias que acarreó y la aparentemente errática trayectoria que mantuvo durante varios días. Quedó varios días estacionario frente al litoral caribeño de Honduras, donde provocó lluvias torrenciales, inundaciones, deslaves y vientos de alta intensidad. En su punto máximo, durante los días 26 y 27 de octubre, el huracán llegó a la categoría 5 (la más alta en la escala Saffir-Simpson), siendo uno de los cuatro huracanes que han alcanzado este nivel durante el presente siglo en una región que sufre frecuentemente este tipo de fenómenos. Durante estos días produjo vientos sostenidos de hasta 144 nudos o 285 Km/h en su momento de mayor intensidad y precipitaciones superiores a los 600 mm y descargó su fuerza por toda Centroamérica (PNUD, 2001).

Afectó sólo una parte de la población, la mayoría de los damnificados se localizó en la zona costera del litoral de los departamentos de Ahuachapán, Sonsonate, La Paz, parte de San Vicente, Usulután, San Miguel y dentro del Golfo de Fonseca, La Unión (Fig. 8.23). La crecida de los ríos produjeron inundaciones considerables

8.2.3 Principali eventi idrometeorologici accaduti in El Salvador

L'uragano Mitch ed il suo passaggio per El Salvador

Questo fenomeno ha lasciato una incancellabile impronta nella storia degli eventi meteorologici verificatisi in El Salvador nell'ottobre 1998. In quell'anno il Mitch (Fig. 8.22) fu classificato come il disastro d'origine idrometeorologica più grave che abbia mai interessato la regione centroamericana, non soltanto per la forza con la quale colpì le coste della regione ma anche per l'estensione del suo diametro, l'accumulo d'umidità e le pioggie che portò con sè nonché la sua, apparentemente erratica, traiettoria mantenuta per diversi giorni. Questo fenomeno è rimasto fermo di fronte al litorale caraibico dell'Honduras, dove provocò piogge torrenziali, inondazioni, frane e venti ad alta intensità. Nel suo punto massimo, durante i giorni 26 e 27 ottobre, l'uragano arrivò alla categoria 5 (la più alta nella scala Saffir-Simpson), essendo uno dei quattro uragani che hanno raggiunto queso livello nel XX secolo in una regione che spesso patisce fenomeni di questa natura. Durante quei giorni produsse venti sostenuti fino a 285 km orari, nel suo momento di maggiore intensità, nonché precipitazioni superiori ai 600 mm e così scaricò tutta la sua forza su tutto il Centroamerica (PNUD, 2001).

Interessò, però, solo una parte della popolazione, infatti, la maggior parte dei sinistrati si localizzò sulla zona litorale, nei Dipartimenti di Ahuachapán, Sonsonate, La Paz, La Unión (Fig. 8.23). A seguito della piena dei fiumi, inondazioni di rilievo coprirono i campi, isolando molte

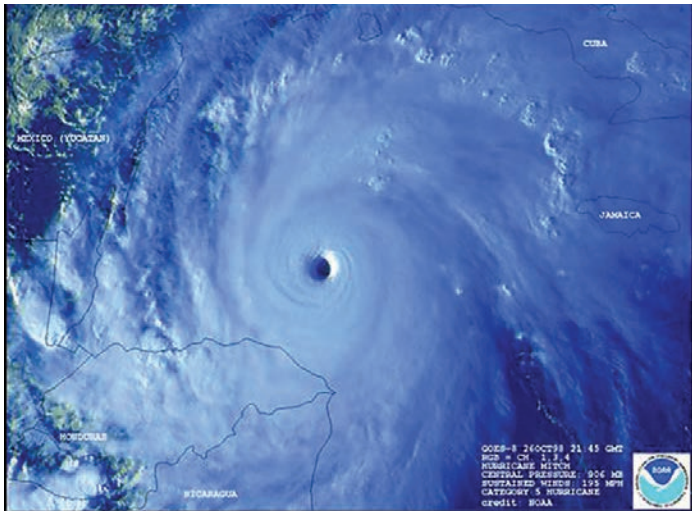


Fig. 8.22 - Imagen satelital NOAA del Huracán Mitch frente a las costas de Honduras, el 26 de octubre de 1998. http://www.osei.noaa.gov

que cubrieron los campos, aislando muchas zonas y obligaron a los pobladores a evacuar sus hogares; se llegaron a registrar 240 muertes, buena parte de ellas de niños, la mayoría ocurrieron en el departamento de La Unión. Además, llegó a contarse un número similar de desaparecidos que, a tres semanas del evento, se habían reducido a 19 en todo el país (PNUD, 2004).

Depresión Tropical 12E

La lluvia acumulada de este fenómeno (Fig. 8.24), fue de 1513 mm en la estación de Huizúcar, departamento de La Libertad y un máximo en 24 horas de 433 mm en la estación de Los Naranjos, Sonsonate (SNET, MARN 2011).

zone e costringendo i popolani ad abbandonare i propri focolari. Sono stati registrati 240 morti, gran parte di essi bambini, sopratutto nel Dipartimento di La Unión. Inoltre, il numero registrato di persone disperse era pressappoco simile, ma fu ridotto in tutto il Paese a 19 tre settimante dopo (PNUD, 2004).

Depressione Tropicale 12E

La pioggia accumulatasi per via di questo fenomeno (Fig. 8.24), fu di circa 1513 mm nella postazione idrometrica di Huizúcar, Dipartimento di La Libertad e, in un periodo di 24 ore, di 433 mm in quella di Los Naranjos, Sonsonate (SNET, MARN 2011).

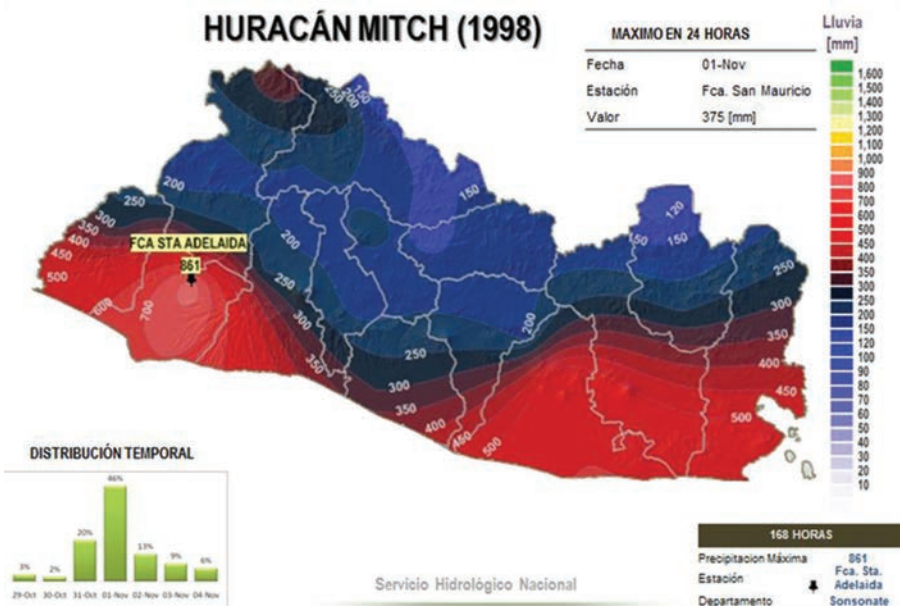


Fig. 8.23 - Comportamiento de la precipitación durante el Huracán Mitch en El Salvador. Fuente SNET 2011.

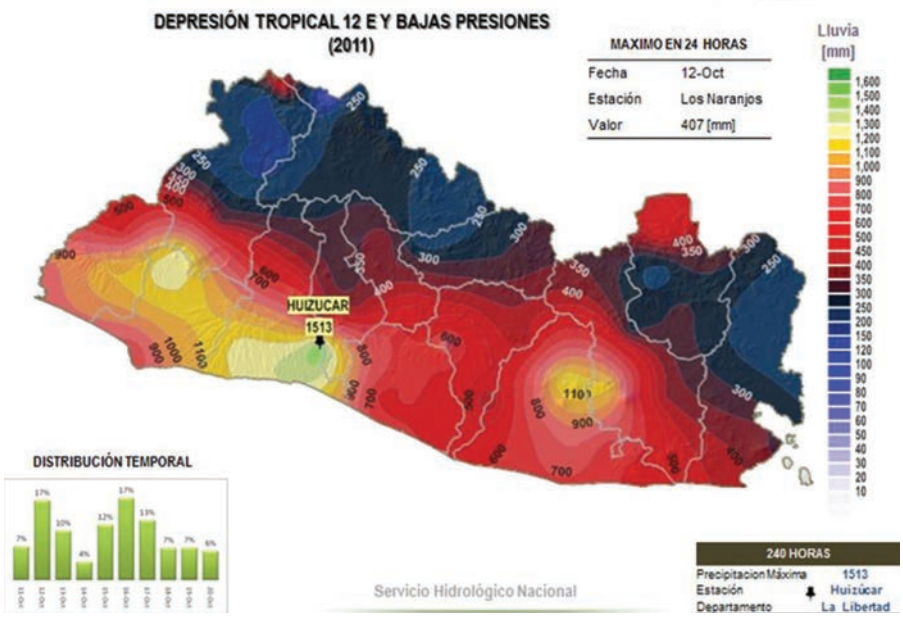


Fig. 8.24 - Comportamiento de la Precipitación durante la Depresión Tropical 12E en octubre de 2011. SNET 2011.

CEPAL (2011) estima que el reciente fenómeno climático dejó daños y pérdidas (Fig. 8.25) por más de $840 millones lo que representa casi el 4% del Producto Interno Bruto del país. El 43% corresponde a pérdidas ($362,11 millones) y el resto, 54% ($478.30 millones), a daños ocasionados por las lluvias. Los sectores productivos e infraestructura fueron los más golpeados por los diez días de lluvias ininterrumpidas que azotaron al país. Solo las pérdidas en el sector agrícola superan los $105 millones (Cuadro 14).

CEPAL (2011) stima che il suddetto fenomeno climatico causò perdite (Fig. 8.25) per più di $840 milioni, pari a quasi il 4% del PIL del Paese. Il 43% corrisponde a perdite economiche ($362,11 milioni) ed il restante 54% ($478.30 milioni), a danni causati dalle piogge. I settori produttivi e di infrastruttura sono stati quelli più colpiti dai dieci giorni di precipitazioni che ininterrottamente hanno flagellato il Paese. Le perdite nel settore agricolo superano i $105 milioni (Tavola 14).



Fig. 8.25 - Deslizamiento en el Cantón San Antonio, municipio de Comasagua en El Salvador. Foto. Luis Alas 2012.

Daños	Huracán Mitch 1998	Tormenta IDA 2009	Tormenta Ágata 2010	Tormenta 12E octubre 2011
Fallecidos	240	198	12	34
Afectados	84mil personas	122 mil	120 mil	500 mil
Albergados	55 mil	4200	14,800	56 mil
Nivel máximo de agua acumulada	861 mm	483 mm	672 mm	1,513 mm

Cuadro 14 - Cuadro comparativo de daños a la población por eventos hidrometeorológicos en el salvador.

Según el MARN (2011), el año 2011 es hasta este momento el segundo año más lluvioso del que se tenga registro histórico en El Salvador, con 2378 mm (Fig. 8.26); hasta el 20 de octubre, es superado por 2010, en el que hubo una precipitación anual de 2549 mm. El promedio histórico de precipitación anual en el país es de 1800 mm (Fig. 8.27). Asimismo, el mes de octubre de este año ha sido récord en precipitación, siendo el promedio de lluvia histórico del mes de 206 mm, y sólo con la precipitación del evento del 10 al 19 de octubre, se alcanzaron los 747 mm en promedio del área nacional.

Secondo il MARN (2011), il 2011 si considera attualmente il secondo anno più piovoso del registro storico in El Salvador, con 2378 mm (Fig. 8.26), di precipitazioni fino al 20 ottobre, superate solo da quelle del 2010 in cui le precipitazioni annue furono di 2549 mm. La media storica di precipitazioni annue per questo Paese è di 1800 mm (Fig. 8.27). Inoltre, il mese di ottobre di quell'anno fu anche un primato in precipitazioni, visto che la media mensile storica è di 206 mm e in quel mese si raggiunsero i 747 mm nella media areale nazionale.

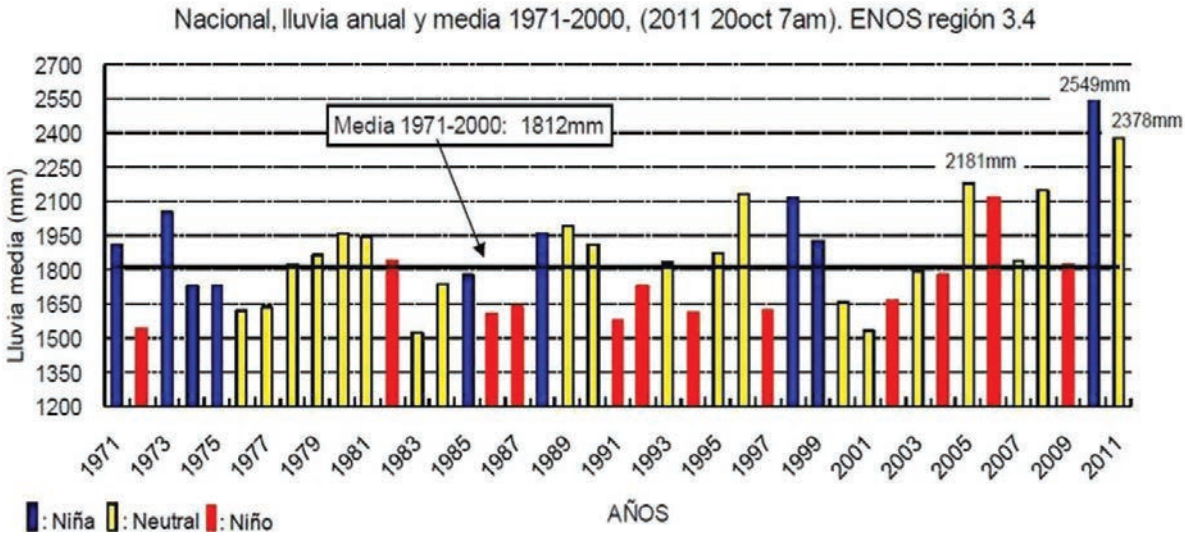


Fig. 8.26 - Lluvia anual nacional y media del período 1971-2000. Fuente: SNET 2011.

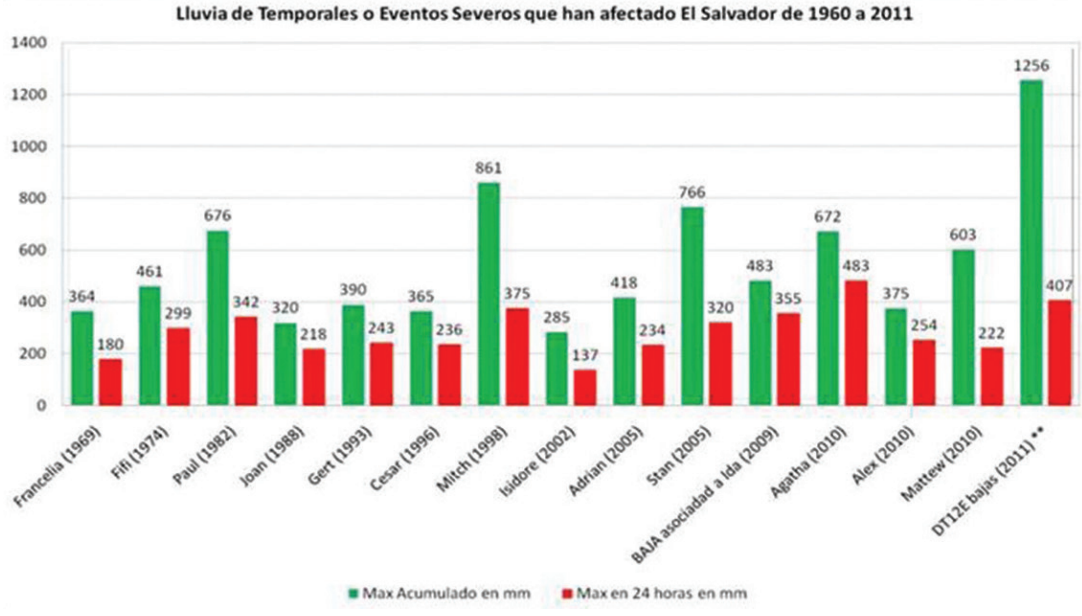


Fig. 8.27 - Principales eventos hidrometeorológicos que afectaron el territorio salvadoreño.
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Natuales-Naciones Unidas El Salvador, 2011.

8.2.4 Principales deslizamientos ocurridos en El Salvador

En la historia reciente de El Salvador se han registrado muchos deslizamientos con factores desencadenantes diversos, normalmente por efectos de fenómenos hidrometeorológicos y sísmicos. Entre los más representativos se mencionan el de Montebello San Salvador en 1982, el de Colonia Las Colinas en Santa Tecla del 13 de enero de 2001, el de Verapáz San Vicente en noviembre de 2009 y el ocurrido en 1934 cuando lluvias generalizadas (probablemente asociadas a un huracán) provocaron un lahar que hizo desaparecer la ciudad de Tepetitán hoy Nuevo Tepetitán (Campos y Castillo, 1991 citados por MARN 2010).

Montebello en San Salvador

El gran deslizamiento tuvo lugar a las 6:15 am del 19 de septiembre de 1982 y se originó a una altura de 1870 msnm, arrastrando alrededor de 400,000m^3 de material hacia la parte baja donde se encuentra ubicada la colonia Montebello y otras áreas, ocasionando enormes daños (Fig. 8.28) y victimas humanas (SNET, 2012). Al primer deslizamiento, le siguieron otros dos de igual intensidad. En pocos minutos una gruesa capa de fango de más de un metro de altura cubría una extensa área de terreno (Hernandez, G. 2004).

Un equipo de Geólogos del Mundo en sus estudios señalan que esta zona de El Picacho, se establece como zona de alta y muy alta amenaza por deslizamiento. En esta misma vertiente se tienen registrados por lo menos dos antecedentes de grandes dimensiones: el primero fue en 1934 y no ocasionó daños al no estar poblada la parte baja de la ladera; en 1982, ocasionó un desastre, pues el volumen de material movilizado de 425,000 metros cúbicos provocó centenares de víctimas en la colonia Montebello. En octubre de 2008 (Fig. 8.29) se produjo un movimiento de ladera o lahar, concretamente en la cabecera de la quebrada Las Lajas. Sus dimensiones aproximadas fueron de 30 m de ancho por 300 m de largo, e implicó la movilización de aproximadamente 3000 m^3 de material. Este movimiento de ladera presentó unos factores condicionantes que favorecieron su ocurrencia: la elevada pendiente y la fracturación y alteración de los materiales geológicos de la ladera; el factor desencadenante fue la lluvia (Geólogos del Mundo, 2009).

8.2.4 Principali frane accadute in El Salvador

Nella storia recente di El Salvador ci sono stati molti fenomeni franosi con svariati fattori innescanti, di solito fenomeni idrometeorologici e sismici. Tra i più rappresentativi ci sono quello di Montebello, San Salvador nel 1982; quello di Colonia Las Colinas a Santa Tecla il 13 gennaio 2001; quello di Verapaz, San Vicente in novembre 2009 quello che è successo nel 1934 quando piogge battenti (probabilmente associate ad un uragano) provocarono un lahar che fece sparire la città di Tepetitán oggi Nuevo Tepetitán (Campos e Castillo, 1991 citati da MARN 2010).

Montebello a San Salvador

Una grande frana si attivò alle 6.15 del 19 settembre 1982. Ebbe la sua origine a quota 1870 m slm e trascinò circa 400.000 m^3 di materiale fino alla parte bassa dove si trova il quartiere Montebello ed altre località, causando ingenti danni (Fig. 8.28) e vittime umane (SNET, 2012). Dopo la prima frana se ne verificarono altre due di dimensioni simili. Nel giro di pochi minuti uno spesso strato di fango di più di un metro di altezza copriva una larga area di terreno (Hernandez, G. 2004).

Un gruppo di geologi di varie nazioni del Mondo ritiene che questa zona di El Picacho sia una zona ad alta e molto alta pericolosità da frana. Almeno due precedenti di grandi dimensioni sono state registrate su questo stesso versante: la prima nel 1934, che non causò danni giacché la parte bassa del versante era allora spopolata; la seconda si è verificata nel 1982, e ha causato un grave disastro quando un volume di materiale trascinato di 425000 m^3 provocò centinaia di morti nel quartiere Montebello. Nell'ottobre del 2008 (Fig. 8.29) si originò un lahar, particolarmente nell'alveo Las Lajas. Le sue dimensioni furono di 30 m di larghezza per 300 m di lunghezza e riuscì a mobilitare circa 3000 m^3 di materiale. Questa frana ebbe dei fattori che favorirono il suo accadimento: la ripidità del terreno e la rottura e alterazione dei materiali geologici del versante. Il fattore innescante fu la pioggia (Geólogos del Mundo, 2009).

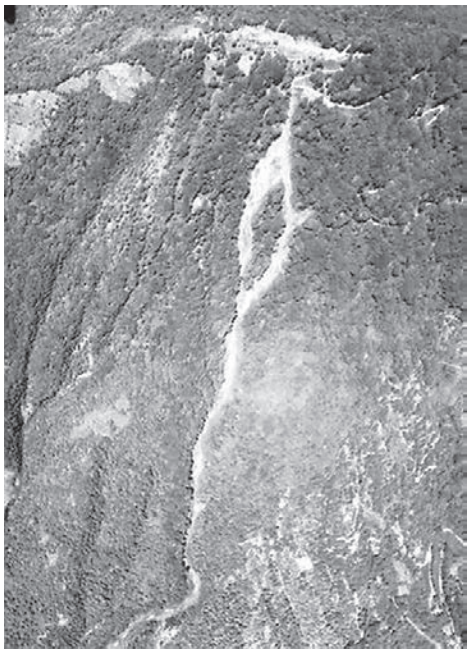


Fig. 8.28 - Foto del volcán de San Salvador tomada en 1986. Notese la cicatríz del deslizamiento de 1982 que afecto el reparto Montebello. Fotografía SNET 2012.



Fig. 8.29 - Movimiento de ladera en El Picacho, ocurrido en octubre de 2008. Foto Geólogos del Mundo 2009.



Fig. 8.30 - Deslizamiento de Las Colinas en Santa Tecla, ocurrido el 13 de enero de 2001. Foto http://eduardo7.files.wordpress.com

Las Colinas

El deslizamiento de la colonia Las Colinas y los deslaves menores observables en la cresta de la ladera norte de la Cordillera del Bálsamo fueron desencadenados por el sismo de magnitud 7,6 de Richter ocurrido el día 13 de enero de 2001 (Alcaldía Municipal de Santa Tacla, 2002). Con un volúmen removido de 500,000 m^3 (Fig. 8.30) y causando casi 600 muertos al desprenderse una masa de suelo de una ladera de aproximadamente 400 m de altura y caer sobre un área residencial ubicada al sur de la ciudad de Nueva San Salvador, cubriendo más de 6 cuadras de viviendas (SNET, sf).

Las Colinas

La frana nel quartiere Las Colinas e gli scivolamenti minori osservati nella sommità del versante Nord della Cordigliera del Bálsamo furono innescati dal sisma di Magnitudo 7,6 accaduto il 13 gennaio 2001 (Comune di Santa Tecla, 2002). Con un volume mobilitato di 500000 m^3 (Fig. 8.30) provocò la morte di almeno 600 persone. Un blocco del terreno del suddetto versante di circa 400m di altezza si staccò e cadde su un centro abitato ubicato al sud della città di Nueva San Salvador, coprendo più di 6 isolati di case (SNET, sf).

8.3

Principales eventos ocurridos en Nicaragua

(Ver tabla y mapas al final del capítulo)

Principali eventi accaduti in Nicaragua

(Vedi tabella e carte alla fine del capitolo)

8.3.1 Eventos sísmicos

Debido a su posición geográfica, en el contexto sismotectónico centroamericano, Nicaragua está sujeta a la ocurrencia periódica de eventos sísmicos de considerable magnitud. En la historia reciente la ciudad de Managua, ha sido golpeada por varios terremotos de magnitud moderada (1844, 1858, 1881, 1898, 1913, 1918, 1928, 1931, 1968 y 1972) (USGS, 2012)

Los principales eventos sísmicos ocurridos en Nicaragua, en orden cronológico se describen a continuación, en los que se aborda brevemente las características de ocurrencia y los daños ocasionados:

El 29 de Abril de 1881 un terremoto de magnitud e intensidad desconocida afectó la ciudad de Managua. Informe de los diarios de la época reportaron daños generalizados en los edificios y varias casas de taquezal y adobe desplomados.

En octubre de 1885 un terremoto de intensidad IX, golpeó la ciudad de Managua. El edificio de Gobierno, el seminario, Palacio arzobispal, Instalaciones militares y la mayoría de las casas particulares de adobe se partieron. Se reportó 1 habitante muerto.

Con intensidad variable entre VI –VII, el día 29 de a bril de 1898, un sismo golpeó la ciudad de Managua. Entre los daños más significativos, de acuerdo a los reportes de la época se presentaron los siguientes: derrumbe de la cumbrera de la parroquia episcopal y la caída del techo del Banco de Londres.

El día 5 de octubre del año 1925, una secuencia de sismos de moderada intensidad dañó varios edificios en Managua. No hay reportes detallados de la estimación de daños ocasionados.

Varios sismos de moderada intensidad golpearon varias ciudades del Pacífico en noviembre de 1926, casas en

8.3.1 Eventi sismici

Per via della sua posizione geografica, nel contesto sismotettonico centroamericano, il Nicaragua è soggetto al ripetersi periodico di eventi sismici di una certa Magnitudo. Nella storia recente, infatti, la città di Managua, la capitale, è stata più volte colpita da vari terremoti di moderata magnitudo (1844, 1858, 1881, 1898, 1913, 1918, 1928, 1931, 1968 e 1972) (USGS, 2012).

I principali eventi sismici accaduti nel Nicaragua, presentati in ordine cronológico, vengono di seguito descritti presentandone brevemente le caratteristiche e i danni da loro causati:

Il 29 aprile 1881, un terremoto di magnitudo ed intensità sconosciute, interessò la città di Managua. Danni generalizzati sugli edifici e il crollo di varie case di adobe (mattone) e "taquezal" furono riportati dai giornali dell'epoca.

Nell'ottobre del 1885 un terremoto di intensità IX, colpì la città di Managua. La sede del Governo, il Seminario, il Palazzo dell'Arcivescovado, caserme militari e la maggior parte delle case di mattoni furono lesionate. Si seppe della morte di un solo abitante.

Con intensità variabili tra VI–VII, il giorno 29 aprile 1898 un sisma si abbattè sulla città di Managua. Tra i più significativi danni, viene riportato il crollo del comignolo della parocchia episcopale nonché del tetto della Banca di Londra.

Il 5 ottobre 1925 uno sciame sísmico di moderata intensità danneggiò vari edifici a Managua. Non ci sono rapporti riguardanti la stima dei danni avveratisi.

Un anno dopo, nel novembre 1926, uno sciame sísmico di intensità modesta interessò diverse città del Pacifico,

las ciudades de Managua, Masaya y Granada fueron parcialmente dañadas.

En 1931, el 31 de marzo ocurrió un fuerte sismo con magnitud local (ML) en la escala sismológica de Richter de 6.0, destruyó completamente la ciudad de Managua (Fig. 8.31). Fue causado por la activación de fallas locales, específicamente el movimiento horizontal de la falla local conocida como "Falla Estadio". Se estima que perdieron la vida alrededor de 1100 personas y los daños se estimaron en $15 millones (Leeds, 1973).

Este sismo produjo una zona de fracturas que se extendió en la zona occidental de la ciudad. Los daños se concentraron a lo largo de la zona de ruptura, decreciendo estos con la lejanía. Se reportaron daños menores en la parte este de la ciudad y no se reportaron en las comunidades cercanas a Managua (Earthquake Engineering Research Institute, 1973).

En mayo de 1938, fuertes sismos ocurridos en los alrededores de la ciudad de Managua, dañaron edificios y casas en la ciudad. Las paredes del Banco Nacional, del Ministerio del Interior y de la Alcaldía, entre otros se fisuraron y ciertos edificios se cayeron. Se reportaron algunos deslizamientos en Batahola y en los alrededores de las Piedrecitas.

De origen volcánico y conocido como Terremoto de Cosigüina ocurrió el 02 de agosto de 1951, con una

particolarmente Managua, Masaya e Granada dove molte case furono danneggiate.

Nel 1931, il 31 marzo, un forte sisma di Magnitudo locale (ML) nella scala sismologica di Richter di 6,0, distrusse completamente la città di Managua (Fig. 8.31). Fu innescato dal riattivarsi delle faglie locali, in particolare il movimento orizzontale della faglia nota come "Falla Estadio". Si stima che persero la vita circa 1100 persone e i danni si calcolarono in $ 15 milioni (Leeds, 1973).

Questo sisma produsse una zona di fratture che si estese nella zona occidentale della città. I danni si concentrarono lungo la zona di distacco, diminuendo con la distanza dalla fonte. Si sono avuti danni minori nella parte Est della città e, invece, non ci sono stati danni nelle comunità vicine alla città di Managua (Earthquake Engineering Research Institute, 1973).

Nel maggio del 1938, forti sismi accaduti nei dintorni di Managua danneggiarono edifici e case nella città. Le pareti della Banca Nazionale, del Ministero dell'Interno e della sede del Comune, tra altri, si sgretolarono e alcuni altri edifici crollarono. Sono state registrate frane a Batahola e nei pressi del parco Las Piedrecitas.

Il 2 agosto 1951, un terremoto di magnitudo 5,8, d'origine vulcanica e noto come "Terremoto de Cosigüina" ebbe luogo nei pressi del vulcano Cosigüina, ad occidente del



Fig. 8.31 - Vista parcial de la destrucción del terremoto de 1931 en Managua (Colección Alcaldía de Managua).

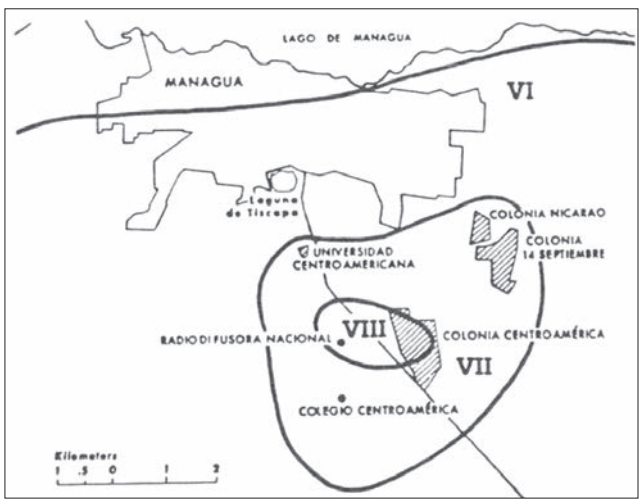


Fig. 8.32 - Mapa de isosistas Terremoto de 1968 (Tomado de Johansson, 1988).

magnitud de 5.8, en las inmediaciones del volcán Cosigüina, al occidente del país. Aunque la información acerca de este evento, es bastante escasa, se estima que causó la muerte de alrededor 1000 personas.

El 4 de enero de 1968, la ciudad de Managua fue sacudida por un sismo, el cual fue sentido además en Masaya, Granada y Carazo. A este temblor se le asignó una magnitud de 4.6 (ML) y una intensidad máxima de VII (Fig. 8.32). Los mayores daños fueron causados en el sudeste de la ciudad (Colonia Centroamérica), donde varias viviendas sufrieron daños (Leeds, 1973). Se le conoce en la literatura como el Terremoto de La Centroamérica.

Un informe oficial elaborado en ese entonces por la Comisión de la Asociación Nicaragüense de Ingenieros y Arquitectos (ANIA), expresa que según los cálculos hechos, el epicentro estuvo situado a 6 kilómetros hacia el sur de la Colonia Centroamérica, entre los pueblos de Santo Domingo de las Sierritas y San Isidro de la Cruz Verde y la profundidad del foco no fue mayor de 10 kilómetros.

De acuerdo al informe, en la zona de mayores daños, desde el Colegio Centroamérica hasta la Colonia Centroamérica: algunas tuberías de aguas negras y agua potable sufrieron daños que afectaron los servicios correspondientes; las cercas fueron desplomadas o incluso cayeron; los puentes de carreteras en esta zona, tres en total, no sufrieron daños en sus estructuras, pero hubo uno con asentamiento en los accesos; algunos tanques para agua sufrieron daños en sus bases, pero en su mayoría quedaron en buen estado, también hubo rupturas de conexiones de tanques a red; las antenas de transmisión de la Radio Nacional fueron estremecidas pero sólo una de ellas fue rota por el viento; los equipos de la sala de transmisión de Radio Nacional fueron desplazados de su lugar y se informó de un transformador con peso de 4,000 libras que fue lanzado de su base a una distancia mayor de 7 metros; roperos, refrigeradoras y objetos menores fueron desplazados de su posición en muchas de las casas de la Colonia Centroamérica y alrededores.

En 1972, el 23 de diciembre ocurrió un fuerte sismo y es quizá el terremoto más estudiado en la historia sísmica de Nicaragua. Destruyó por segunda vez en el siglo XX, la ciudad de Managua (Fig. 8.33). La magnitud local fue estimada en 6.2 (Earthquake Engineering Research Institute, 1973). La intensidad fue variable en distintas zonas de la ciudad y se le asignó valor máximo del orden de VIII-IX en la escala modificada de Mercalli (Del Valle, 1973).

Paese. Anche se l'informazione al riguardo è assai scarsa, si stima che l'evento causò la morte di circa 1000 persone.

Il 4 gennaio 1968, ancora una volta la città di Managua fu colpita da un sisma, percepito anche a Masaya, Granada e Carazo. Al sisma fu assegnata una Magnitudo di 4,6 (ML) e un'intensità massima di VII (Fig. 8.32). Fu il Sud-Ovest della città (Colonia Centroamèrica) che riportò i danni maggiori con varie case interessate (Leeds, 1973). Nella letteratura è noto come il "Terremoto de La Centroamérica".

Una relazione ufficiale estesa allora dalla comissione della "Asociación Nicaragüense de Ingenieros y Arquitectos" (ANIA), indica che secondo calcoli fatti, l'epicentro fu situato a 6 km verso il Sud della Colonia Centroamérica, tra i villaggi Santo Domingo de las Sierritas e San Isidro de la Cruz Verde. La profondità dell'ipocentro non è stata maggiore di 10 km.

Secondo la suddetta relazione, nella zona più danneggiata – dal Colegio Centroamérica fino alla Colonia Centroamérica – tratti della fognatura e dell'acqua potabile ebbero dei danni tali da interromperne il servizio; alcune cerchie crollarono; i ponti dell'area (tre) non ebbero danni alle strutture ma uno di loro ebbe un cedimento delle spalle; alcuni depositi d'acqua ebbero danni alle basi, ma in generale restarono salvi; alcune tubature si staccarono dalle reti di collegamento coi depositi; le antenne della Radio Nazionale sono state talmente scosse che una di loro fu rotta dal vento; le squadre della sala trasmissioni della suddetta radio furono evacuate e un riduttore elettrico dal peso di 4000 libbre fu scagliato dalla sua base a più di 7 m; armadi, frigoriferi e oggetti piccoli furono spostati dalla loro posizione normale in molte case della Colonia Centroamérica e dintorni.

Nel 1972, il 23 dicembre, un devastante terremoto – forse il più studiato della storia sismica del Nicaragua – distrusse la città, per seconda volta nel XX secolo (Fig. 8.33). La Magnitudo locale fu stimata in 6,2 (Earthquake Engineering Research Institute, 1973). L'intensità fu variabile nelle diverse zone della città e le si diede un valore massimo dell'ordine di VIII-IX nella scala modificata di Mercalli (Del Valle, 1973).

Un riassunto della distruzione causata dai sismi viene di seguito presentato; è stato tratto dalla valutazione preliminare dei danni effettuata dal gruppo di lavoro del "Comité de Reconstrucción Económica" (Comitato di



Fig. 8.33 - Vista aérea del centro de Managua después del terremoto de 1972 (Colección Steinbrugge, Universidad de Berkeley).



Fig. 8.34 - Daños ocasionados por el Tsunami en El Tránsito. En este lugar 60 personas murieron y 150 resultaron heridas (Major Tsunamis of 1992 – Nicaragua, NOAA).

Se describe la destrucción causada por los temblores mediante la evaluación preliminar de los daños preparada por el grupo de trabajo del Comité de Reconstrucción Económica, que incluyó a expertos del gobierno, del sector privado y del Instituto Centroamericano de Administración de Empresas y que fue publicada el 16 de enero en el diario Novedades de Managua (Del Valle, 1973). En este reporte se detalla:

- Fueron afectados 27 km^2 de la ciudad, 13 resultaron totalmente destruidos y 14 dañados.
- De 70,000 casas aproximadamente, 53,838 resultaron destruidas o seriamente dañadas.
- El 95% de los talleres y fábricas pequeñas y 11 fábricas grandes se perdieron o fueron fuertemente dañadas.
- 400,000 m^2 de edificios comerciales y bodegas resultaron perdidos o fuertemente dañados.
- 340,000 m^2 de oficinas públicas y privadas desaparecieron o fueron seriamente dañadas.
- 4 hospitales, con un total de 1,650 camas, quedaron destruidos o fuertemente dañados, lo que correspondió a casi el total de las camas existentes entonces.
- 740 aulas escolares, sufrieron daños muy serios o irreparables.
- 51,700 desempleados.
- 200,000 a 250,000 desplazados (la ciudad tenía 400,000 habitantes).

ricostruzione economica), che includeva periti del Governo, del settore privato e del "Instituto Centroamericano de Administración de Empresas". La loro relazione venne pubblicata il 16 gennaio dell'anno successivo al terremoto sul giornale "Novedades" di Managua (Del Valle, 1973). Questo rapporto informa:

- *Furono interessati 27 km^2 della città, 13 totalmente distrutti e 14 danneggiati;*
- *Delle 70000 case esistenti, approssimativamente, 53838 vennero distrutte o seriamente danneggiate;*
- *Il 95% delle botteghe e fabbriche piccole e 11 fabbriche grandi si distrussero o furono fortemente danneggiate;*
- *400000 m^2 di edifici commerciali e depositi di inmagazzinamento si persero o vennero seriamente danneggiati;*
- *340000 m^2 di uffici pubblici e privati scomparvero o furono seriamente danneggiati;*
- *4 ospedali, con un totale de 1650 letti, restarono distruitti o fortemente danneggiati, il che corrispondeva quasi al totale dei letti disponibili allora;*
- *740 aule scolastiche subirono danni assai seri o irreparabili;*
- *51700 i dissoccupati;*
- *200000 - 250000 i dispersi (la città aveva 400000 abitanti);*

- 20,000 heridos.
- 4,000 a 6,000 muertos (en algunas publicaciones se estimó el número en más de 10,000)
- 845 millones de dólares en pérdidas totales, 528 correspondieron a construcciones, 128 a equipamiento y mobiliario y el resto a otros conceptos

Brown et al., (1973), sostienen que la vasta destrucción y pérdida de vidas humanas causadas por el terremoto, se debió principalmente a la ocurrencia de éste prácticamente debajo de la ciudad, además de la mala construcción de las edificaciones, especialmente el pésimo comportamiento de las construcciones a base de taquezal ante fuerzas laterales impuestas por el sismo. También dan un peso muy importante al desplazamiento relativo de cuatro fallas importantes, que atraviesan la ciudad.

El terremoto de septiembre de 1992, ocurrió frente a las costas del Pacífico de Nicaragua, debido al proceso de subducción. Es el terremoto de mayor magnitud en la historia sísmica reciente del país (7.6) y generó un Tsunami (con altura de olas de 8 metros) (NOAA, website) que afectó la mayor parte de la zona costera, arrasando con los poblados y estructuras pesqueras existentes en el área. Según registros oficiales, 116 personas murieron, alrededor de 70 personas desaparecidas y alrededor de 13500 personas quedaron sin hogar. 1300 casas y 185 botes pesqueros fueron destruidos a lo largo de la costa de Nicaragua. El total de daños en Nicaragua se estimó entre 20 y 30 millones de dólares. Algunos daños también fueron reportados en Costa Rica. Es importante destacar que el Tsunami generado, se introdujo en tierra alrededor de 1000 metros en el área de Masachapa y El Tránsito, Nicaragua, dónde causó los más severos daños (Fig. 8.34).

El 6 de julio del año 2000, ocurrió un sismo de magnitud 5.4 en la escala abierta de Richter, a menos de un kilómetro de profundidad, cuyo epicentro fue localizado en el borde noroeste de la laguna de Apoyo en Masaya, aproximadamente a 35 kilómetros de la ciudad de Managua. Es importante señalar, que el día 7 de julio, otro sismo de magnitud 5.2, en la escala de Richter ocurre en la ciudad de Masaya, localizándose su epicentro directamente debajo de la parte norte de la ciudad y una profundidad de 2.3 kilómetros. Ambos sismos causaron severos daños en las comunidades de Masaya, Tisma, Catarina, Diriá, Diriomo, Granada, entre otras (INETER, 2000).

- *20000 i feriti;*
- *4000 - 6000 i morti (su alcune pubblicazioni si stimò il numero in più di 10000);*
- *845 milioni di dollari in perdite totali, 528 corrispondono alle costruzioni, 128 a equipaggiamento e mobilio, il resto ad altro.*

Brown et al., (1973), ritengono che la vasta distruzione e la perdita di vite umane causate dal terremoto sono state dovute principalmente al luogo dell'accadimento dello stesso: giusto sotto la città, nonché alla cattiva qualità della costruzione edilizia, esempio di ciò è la tecnica costruttiva a base di "taquezal" (pareti di palizzate coperte di fango) il quale non ha retto bene innanzi alle forze laterali esercitate dal terremoto. Gli autori di cui prima riconoscono altresì un peso importante allo spostamento relativo delle quatto faglie importanti che attraversano la città.

Il terremoto del settembre 1992, accaduto nelle coste pacifiche del Nicaragua dovuto al proceso di subduzione, è il terremoto di maggiore Magnitudo nella storia sísmica del Paese (M=7,6) e generò uno Tsunami – con onde alte 8 m – (NOAA, website) che interessò la maggior parte della zona di costa, devastando villaggi e impianti di pesca commerciale ed artigianale che c'erano nell'area. Secondo registri ufficiali 116 persone persero la vita, circa 70 dispersi e circa 13500 i senzatetto. 1300 case e 185 pescherecci furono distrutti lungo le coste del Paese. Il totale dei danni in Nicaragua si stimò tra i 20 e i 30 milioni di dollari. Anche in Costa Rica si ebbero dei danni. E' da sottolineare che lo tsunami generatosi avanzò di ben 1000 m nell'area di Masachapa ed El Tránsito, Nicaragua, dove causò i danni più gravii (Fig. 8.34).

Il 6 luglio 2000, accadde un sisma di magnitudo 5,4 nella scala di Richter, a meno di un km di profondità, il cui epicentro fu localizzato sulla riva Nord-Ovest della laguna Apoyo in Masaya, a circa 35 km dalla città di Managua. E' davvero importante riferire che il giorno dopo, un altro sisma di magnitudo 5,2 si verificò nella città di Masaya, con l'epicento localizzato direttamente sotto la parte nord della città e ad una profondità di 2,3 km. Tutti e due i sismi causarono gravi danni alle comunità di Masaya, Tisma, Catarina, Diriá, Diriomo, Granada, ed altre (INETER, 2000). I danni furono ingenti e, secondo alcuni rapporti ufficiali, 16 persone persero la vita prevalentemente dal crollo delle case antiche, ancora con delle pareti di "taquezal" e pesanti tetti di tegola e fango (Fig. 8.35). In sintesi, 4512 persone evacuate, 42 feriti, 7 morti, 1130



Fig. 8.35 - Colapso de antiguas casas de techo formado con tejas de barro y estructura de madera (INETER, 2000).

Los daños fueron cuantiosos, según reportes oficiales murieron 16 personas, principalmente por el colapso de casas antiguas, con paredes de taquezal y pesados techos de tejas de barro (Fig. 8.35). En síntesis 4512 personas fueron evacuadas, 42 heridos, 7 muertos, 1130 viviendas dañadas y 357 viviendas totalmente destruidas (ECHO-PNUD, 2000).

De acuerdo a la magnitud registrada, pueden mencionarse otros eventos sísmicos ocurridos en los últimos años en Nicaragua (USGS website), aunque sin presentar daños materiales. Todos ellos generados debido al movimiento tectónico entre las placas Coco y Caribe (proceso de subducción)

- Terremoto del 10 de septiembre de 2004, magnitud 7.0, frente a las costas del Pacífico de Nicaragua.
- Terremoto del 02 de julio del 2005, magnitud 6.6, frente a las costas del Pacífico de Nicaragua.
- Terremoto del 02 de mayo del 2011, magnitud 5.4, frente a las costas del Pacífico de Nicaragua.

8.3.2 Principales erupciones en Nicaragua

En Nicaragua la actividad volcánica ha marcado pautas muy importantes en la formación del relieve (INETER, 2001). En el año 1610 el volcán Momotombo hace erupción. Los temblores y los sedimentos del Xolotlán obligan a abandonar la que entonces era la capital del país, León (León Viejo). La ciudad fue completamente cubierta por las cenizas expulsadas por el volcán la cual fue reubicada en el lugar actual de la ciudad de León.

abitazioni danneggiate e 357 totalmente distrutte (ECHO-PNUD, 2000).

Partendo dalla magnitudo registrata, si può far cenno ad altri eventi sismici accaduti negli anni recenti nel territorio del Nicaragua (USGS website), sebbene senza presentare dati sui danni materiali. Tutti sono stati gli eventiinnescati dal movimento tettonico tra le placche Cocos e Caraibi (processo di subduzione):

- *Terremoto del 10 settembre 2004, Magnitudo 7.0, di fronte alle coste pacifiche del Nicaragua.*
- *Terremoto del 02 luglio 2005, Magnitudo 6,6, davanti alle coste pacifiche del Nicaragua.*
- *Terremoto del 02 maggio 2011, Magnitudo 5,4, di fronte alle coste pacifiche del Nicaragua.*

8.3.2 Principali eruzioni nel Nicaragua

Nel Nicaragua l'attività vulcanica ha determinato significativamente la formazione del suo rilievo (INETER, 2001). Ad esempio, nell'anno 1610 il vulcano Momotombo eruttò e i sismi e i detriti del lago di Managua (noto localmente come "Xolotlán") costrinsero le autorità a decretare l'abbandono della città che allora era la capitale del Paese, León (León Viejo). La città fu completamente

En 1670 se produjo un derrame de lava en dirección Norte (Managua) del cráter principal del volcán Masaya el cual causó severos daños en las áreas de cultivos que se encontraban en sus faldas.

Aunque no se tiene mayores datos sobre el tipo de fenómeno y las consecuencias involucradas se registra que en 1685 el volcán San Cristóbal presentó alta actividad eruptiva.

El 20 de enero de 1835 una monumental erupción de grandes proporciones se presentó en el volcán Cosigüina, localizado en la Punta Cosigüina, la parte más occidental de Nicaragua. La explosión fue sorpresiva y tan colosal que, según escritos de la época, se escuchó en México, Jamaica, Colombia, Ecuador y Venezuela. Sus cenizas se extendieron por casi 2 millones de kilómetros cuadrados al lanzar más de 50 kilómetros cúbicos de materiales al espacio que oscurecieron la luz del sol por varios días, por ello en algunos registros históricos se habla del año 1835 como "El año del humo". Ha sido la erupción volcánica más portentosa en toda la historia del continente americano.

La primera erupción del volcán Cerro Negro se registró en 1850, ubicado en el departamento de León, al occidente del país, con apenas 450 msnm fue un flujo de lava corriendo hacia el Oeste y la formación de un cono de ceniza con una altura de aproximadamente 150 - 200 pies, que tuvo en su base un diámetro de 200 yardas. Observaciones de primera mano fueron recordadas por Squier (1856), el último día de la erupción, el 13 de abril se abrió una brecha por un viejo flujo de lava y cantidades de material fundido fueron expulsados irregularmente en todas las direcciones. Después de algunas horas de esta actividad, la lava comenzó de fluir hacia el Oeste, siguiendo la pendiente. Las erupciones ocurrieron en un ciclo de tres minutos de explosiones seguidos por tres minutos de reposo. Cada erupción fue acompañada por una explosión de llamas hasta 100 pies o más y la expulsión de piedras calientes hasta varios cientos de pies que duró hasta el 22 de abril.

La primera erupción registrada del volcán Concepción fue en 1883 y según documentos de la época consistió de potentes y prolongadas explosiones y derrame de lava. La fase eruptiva ocurrió a finales de febrero y principios de marzo. El 4 de mayo del mismo año de igual forma presentó actividades eruptiva de grandes proporciones.

coperta dalle ceneri espulse dal vulcano e perciò fu ricostruita nel posto dove ora si trova l'attuale città di León.

Nel 1670 una colata lavica con direzione Nord (verso Managua) partita dal cratere principale del vulcano Masaya causò gravi danni nelle aree di coltivo che si trovavano sulle sue falde.

Nonostante non ci siano maggiori dati sul tipo di fenomeno e le conseguenze che ne sono derivate, si registra però che nel 1685 il vulcano San Cristóbal ebbe un'alta attività eruttiva.

Il 20 gennaio 1835 un'eruzione parossistica fece esplodere il vulcano Cosigüina, localizato nella "Punta Cosigüina", il punto più occidentale del Nicaragua. L'esplosione fu talmente colossale che il suo frastuono, secondo alcuni scritti dell'epoca, si udì persino nel Messico, la Giamaica, la Colombia, l'Equatore ed il Venezuela. Le sue ceneri raggiusero un'area di circa 2 milioni di km^2 e scagliò nell'aria circa 50 km^3 di materiale che coprì la luce del sole per vari giorni, perciò su alcuni registri storici si parla dell'anno 1835 come "El año del humo" (l'Anno del fumo). E' stata l'eruzione più portentosa di tutta la storia vulcanica del continente americano.

Ubicato nel Dipartimeto di León, nell'occidente del Paese, e allora con soli 450 m slm il vulcano Cerro Negro ebbe nel 1850 la sua prima eruzione registrata, consistente in colate laviche che scorrevano verso Ovest e la costruzione di un cono di scoria alto circa 45 - 60 m, con una base del diametro di 182 m. Si tengono al riguardo le note di Squier (1856), chi riferì che l'ultimo giorno dell'eruzione, il 13 aprile, si aprì una breccia su un vecchio flusso di lava e grande quantità di materiale fuso fu scagliato irregolarmente dappertutto. Dopo alcune ore, la lava comiciò a scorrere verso Ovest, giù sul versante. Le eruzioni ebbero un ciclo di 3 minuti di espolsioni seguiti da altri 3 di riposo. Ogni evento eruttivo venne accompagnato da un'esplosione fiammeggiante alta 30 m e dal lancio di bombe fino a vari metri il che durò fino al 22 aprile.

Da un'altra parte, la prima eruzione registrata del vulcano Concepción è stata nel 1883 e secondo documenti dell'epoca consistette in potenti e prolungate esplosioni e colate laviche. La fase eruttiva comprese la fine di febbraio e i primi di marzo. Il 4 maggio ebbe ancora attività eruttive di rilievo.

En diciembre de 1921 el volcán Concepción arrojó grandes rocas encendidas y largas corrientes de lava bajaron por sus laderas, los habitantes de la isla de Ometepe huyeron hacia Granada y Rivas.

Años más tarde, durante el mes de enero de 1945 el mismo volcán presentó una fuerte actividad eruptiva. Los retumbos del volcán se escucharon hasta la ciudad de Masaya (100 Km del volcán aproximadamente). Se presentaron derrames de lava en dirección a Altagracia, grandes rocas se elevaron a gran altura junto con la columna de humo que se elevaba a aproximadamente 1000 pies de altura. Las explosiones eran casi constantes, durante varios días. En el mes de agosto del mismo año, las corrientes de lava destruyeron plantaciones de cultivos (arroz y frijoles).

En el año de 1947 el volcán Cerro Negro registró una fuerte erupción entre los meses de julio y agosto, siendo tanta la lluvia de arena sobre la ciudad de León, la cual se acumulaba en las calles, techos de la casa y la azotea de la Catedral que no se podía respirar por lo que el Obispo Isidro Augusto y Reyes le prometió a la Virgen María que se le celebraría la gritería chiquita, los 14 de agosto de cada año por la noche.

Durante el mes de marzo de 1957 el volcán Concepción entró en un período de actividad violenta. Gran cantidad de personas huyeron en lanchas hacia Granada y San Jorge Rivas. Columnas de fuego se observaron en su cráter, gran cantidad de cenizas cayeron sobre la ciudad de Rivas. La actividad eruptiva se incrementó en el mes de julio con fuertes emanaciones de gases, ceniza, arena y lava.

En los primeros días de marzo de 1976 se produjeron leves temblores y se escucharon explosiones en el volcán San Cristóbal, cada tres minutos. El martes 9 del mismo mes, una fuerte explosión abrió un nuevo cráter. En esta erupción cayó arena sobre Chinandega, Chichigalpa, Corinto, entre otros lugares de occidente.

El 9 de abril de 1992 ocurrió una erupción (Fig. 8.36) de las más violentas de la historia del volcán Cerro Negro. Desde semanas antes del evento principal, varios sismos fueron generados en el área y sus alrededores. El día 10 de abril la ciudad de León amaneció totalmente a oscuras bajo una incesante lluvia de arena que no parecía tener fin y en el Cerro Negro se registraban fuertes explosiones de piedras incandescentes que fueron expulsadas a más de 300 metros encima del cráter.

Più in là nel tempo, nel 1921, questo vulcano lanciò grandi bombe e lunghi flussi lavici scesero sulle sue falde. Gli abitanti dell'isola di Ometepe sfuggirono verso Granada e Rivas.

Anni più tardi, durante il mese di gennaio del 1945, lo stesso vulcano manifestó una forte attività sísmica. I frastuoni suoi si udirono persino nella città di Masaya (a circa 100 km dal vulcano). Colate di lava scesero verso Altagracia e grandi massi furono lanciati a grande quota insieme a colonne di fumo alte 300 m. Le esplosioni furono costanti per vari giorni e nel mese di agosto le colate di lava distrussero aree coltivate (riso e fagioli)

Nell'anno 1947, il vulcano Cerro Negro ebbe ancora una volta una forte eruzione tra il mese di luglio e agosto e fu tale il fallout di cenere sulla città vicina di León, che le strade e i tetti del palazzo Vescovile nonché della Cattedrale rimasero coperti da uno spesso stratto di ceneri, al punto che non si poteva neanche respirare, perciò il Vescovo della città, Isidro Augusto y Reyes, promise alla Madonna che avrebbe celebrato da lì in poi una festa in suo onore (la "griteria chiquita") la sera di ogni 14 agosto.

Durante il mese di marzo del 1957, il vulcano Concepción entrò in una fase di attività violenta; moltissime persone lasciarono l'isola dirette verso Granada e San Jorge Rivas; colonne di fuoco uscivano dal suo cratere sommitale e grande quantità di cenere cadde sulla città vicina di Rivas. L'attività eruttiva si incrementò nel mese di luglio con forte fuoriuscita di gas, cenere piccoli massi e lava.

Nei primi di marzo del 1976 lievi scosse si produssero allorquando esplosioni udite ogni 3 minuti provenivano dal vulcano San Cristóbal. Il martedì 9 dello stesso mese, una forte esplosione precedette l'apertura di un nuovo cratere sul vulcano. Con questa eruzione molta cenere è caduta sulle città di Chinandega, Chichigalpa, Corinto, ed in altre località dell'occidente.

Il 9 aprile 1992 avvenne un'eruzione (Fig. 8.36) tra le più violente della storia del vulcano Cerro Negro. Già settimane prima dell'evento principale, diversi sismi si generarono nell'area e dintorni. Il 10 aprile la città di León si svegliò col cielo totalmente cupo per via di una pioggia di ceneri senza soluzione di continutà mentre il Cerro Negro aveva forti esplosioni e lanci di bombe a più di 300 m al di sopra del suo cratere.



Fig. 8.36 - Vista panorámica de la erupción del Cerro Negro, en 1992 (Colecciones Orlando Chávez Esquivel, Revista Informativa Conexiones).

El 31 de julio de 1994 el volcán Telica realmente comenzó a tener manifestaciones eruptivas con emanaciones de cenizas y gases y el 12 de agosto ocurrió la explosión.

El día 24 de mayo de 1995 comenzó en el volcán Cerro Negro una erupción freatomagmática, diferente a la de 1992. A partir del 24 de mayo las explosiones freáticas comenzaron. En las primeras semanas ocurrían cada minuto; con el tiempo este período se hizo más largo, cada 10 minutos, cada media hora. Al final hubo solo dos o tres en un día. Esta actividad continuó hasta el 15 de agosto con algunas explosiones magmáticas.

En 1995, el 22 de noviembre y sin aviso alguno por fenómenos sísmicos hizo erupción el volcán Cerro Negro.

El 12 de mayo de 1997 ocurrió un enjambre sísmico entre el San Cristóbal y el Casita. Tres días después comenzó una actividad sísmica alta con más de 400 sismos por día y el nivel del tremor subía cada día. INETER, basándose en la información sismológica, emitió un comunicado de alerta a Defensa Civil, otras entidades del Gobierno y Medios de Comunicación sobre la nueva actividad que manifestaba el volcán en esos momentos. En la noche del 19 de mayo inició la actividad eruptiva con explosiones fuertes de cenizas y gases. Las cenizas cayeron sobre la ciudad de Chinandega. Con el tiempo las explosiones fueron menos fuertes. La actividad eruptiva duró hasta enero de 1998.

En julio de 1998 el volcán San Cristóbal presentó una actividad eruptiva similar a la de 1997. En ese año el volcán tuvo cuatro etapas de actividad eruptiva con emanaciones de gases y cenizas.

Da un'altra parte, il vulcano Telica, il 31 luglio 1994, ebbe le prime manifestazioni di attività eruttiva con fuoriuscita di gas e lancio di cenere finché il 12 agosto ci fu l'esplosione.

L'anno seguente, il 24 maggio 1995 ebbe luogo nel vulcano Cerro Negro un'eruzione freatomagmatica diversa da quella del 1992. Iniziate quel giorno le esposioni freatiche continuarono durante le successive settimane ogni minuto, poi ogni 10 minuti, ogni mezz'ora e finalmente due o tre ogni giorno. Questa attività è continuata così, con alcune esplosioni magmatiche fino al 15 agosto. Il 22 novembre, all'improvviso e senza alcun fenomeno sismico preliminare, questo vulcano esplose.

Il 22 maggio 1997 uno sciame sismico interessò l'area tra i vulcani San Cristóbal e Casita. Tre giorni dopo l'attività sismica incrementò la sua intensità e frequenza con più di 400 sismi al giorno. L'INITER, basato sull'informazione sismologica emise un comunicato attivando l'allarme per il sistema delle protezioni civili, per altre autorità e per i media riguardo le nuove attività che il vulcano presentava. Esplosioni forti con emissioni di cenere e gas si succedettero la notte del 19 maggio. Le ceneri raggiunsero la città di Chinandega e le esplosioni diminuirono via via fino a concludere ogni attività nel mese di gennaio del 1998.

In luglio di quell'anno, il vulcano San Cristóbal manifestò un'attività simile a quella del 1997, ebbe infatti quattro tappe di attività eruttiva con fuoriuscita di gas e lancio di cenere.

En febrero de 1999 Telica comenzó a tener sismicidad alta con más de 500 eventos por día y en mayo comenzó la actividad eruptiva del volcán, con un aumento en agosto, cuando se detectó un lago de lava en el cráter. Esta etapa duró prácticamente hasta diciembre que se dieron las explosiones más fuertes.

Una sismicidad fuerte localizada cerca del volcán Cerro Negro comenzó el 4 de agosto de 1999 a las 10 de la noche. Los oficiales de Defensa Civil observaron en la mañana del 5 de agosto, a las 10 am, como se abrió una falla al pie del volcán y comenzó la erupción con fontanas de lava.

La actividad sísmica del volcán San Cristóbal comenzó a aumentar el 20 de noviembre de 1999. Al siguiente día comenzó la actividad eruptiva con expulsiones de cenizas y gases. Días después la actividad se tornó a solamente exhalaciones de cenizas y gases.

La amplitud sísmica del volcán Concepción comenzó a aumentar el 24 de diciembre de 1999. Dos días después se obtuvieron los primeros reportes de la Aviación Civil y de la población sobre una serie de explosiones de cenizas. Esta actividad terminó la primera semana de enero del 2000.

8.3.3 Principales eventos hidrometeorológicos ocurridos en Nicaragua

Nicaragua, debido a su posición geográfica (frente al mar Caribe y al Océano Atlántico), es un país con alta probabilidad a impactos directos e indirectos de huracanes, los cuales son probablemente los fenómenos meteorológicos más destructivos de las zonas tropicales y subtropicales (Ayala-Carcedo, F, J. 2002) ya que, además de causar enormes pérdidas económicas, son causantes de múltiples pérdidas de vidas humanas y desencadenan otros fenómenos que pueden causar grandes desastres (tormentas de vientos, movimientos de laderas, inundaciones, crecidas).

Las inundaciones en Nicaragua están asociadas al paso de fenómenos meteorológicos, tales como depresiones, tormentas tropicales y huracanes que afectan al país de forma directa algunas veces y otras indirectamente, cuando el territorio nacional queda dentro del área de influencia de dichos fenómenos (INETER, 2001). En el siglo XX se contabilizaron 174 eventos meteorológicos

Nel febbraio del 1999, si verificò un'alta attività sismica – più di 500 eventi al giorno – che dopo fu associata all'attività eruttiva del vulcano Telica la quale iniziata a maggio aumentò in agosto, quando si scoprì un lago craterico di lava. Così fino a dicembre quando le esplosioni furono ancora più gravi.

Uno scenario simile fu quello dell'agosto dello stesso anno: il 4 di quel mese un'attività sismica fu percepita nei pressi del vulcano Cerro Negro nelle ore notturne. Il giorno dopo, il 5, gli ufficiali della protezione civile notarono come sulla base del vulcano si era aperta una fessura dalla quale era fuoriuscita parecchia lava.

Nello stesso anno, a novembre, il vulcano San Cristóbal riprese l'attività con eventi sismici associati a eruzioni di ceneri e gas.

Poco tempo dopo, il vulcano Concepción aumentò la sua ormai costante attività. Infatti tra il 24 e il 26 dicembre 1999 durante la prima settimana di gennaio 2000 le autorità e la popolazione evidenziarono frequenti eventi di esplosioni con lancio di ceneri.

8.3.3 Principali eventi idrometeorologici accaduti nel Nicaragua

Il Nicaragua, per via della sua posizione geografica (di fronte al Mar dei Caraibi e l'Oceano Atlantico) è un Paese ad alta probabilità di impatti diretti o indiretti di uragani, i quali sono probabilmente i fenomeni meteorologici più distruttivi delle zone tropicali e subtropicali (Ayala-Carcedo, F, J. 2002) visto che, oltre a provocare enormi perdite economiche, sono la causa di molteplici perdite di vite umane e innescano inoltre altri fenomeni anch'essi disastrosi (tormente, frane, inondazioni, piene, etc.)

Le inondazioni nel Nicaragua sono di solito associate al passaggio di fenomeni meteorologici, come depressioni, tormente tropicali e uragani, che interessano il Paese a volte direttamente talvolta indirettamente, quando il territorio nazionale rimane dentro l'area di influenza dei suddetti fenomeni (INETER, 2001). Per il XX secolo si ha il registro di 174 eventi meterologici nel Paese 90 dei quali causati da inconsuete piogge che innescarono

en el país, 90 de los cuales fueron causados por lluvias inusuales que provocaron desbordes parciales o totales de ríos e inundaciones en zonas bajas (SINAPRED, 2000). El total de vórtices ciclónicos en los últimos 36 años (1971-2007) incluyó 3 tormentas tropicales y 13 huracanes. Los que han provocado la mayor cantidad de precipitación han sido los huracanes Irene en 1971 (155 mm); Alleta en 1982 (403 mm); Gert en 1993 (444 mm); y Mitch en 1998 (493 mm) (INETER, 1998).

Huracanes desde 1646 a la fecha

Aunque no se tienen registros detallados, en 1646 según reportes históricos de la época, se indica que un huracán afectó el Realejo, Chinandega al occidente del país, provocando severos daños en gran parte de la ciudad. La cuantificación de los daños es desconocida.

En octubre de 1892 un huracán penetra territorio. No hay información disponible sobre cuantificación y estimación de daños.

En 1941 un huracán azotó la zona Atlántica del país, específicamente el área de Prinzapolka, afectando severamente a la ciudad de Puerto Cabezas y contaminando las aguas dulces con aguas saladas. Destruyó las cosechas de los árboles frutales que son necesarias para la alimentación de la población y en especial de los indígenas que hacen del mango un alimento primordial (Zamora, Humberto, 1970).

En febrero de 1955 una tormenta tropical afectó la zona del Atlántico y causó daños en Managua y poblados aledaños. Diez años más tarde, entre el 11 y 18 junio de 1965 el huracán Isabel de categoría 3, afectó a Nicaragua y Costa Rica. No se tienen registros disponibles de la magnitud de los daños ocasionados

El huracán Edith de categoría 5, afectó la República de Nicaragua entre el 5 y 18 de Septiembre de 1971. El huracán golpeó el territorio entrando por el sector Sandy Bay, entre Puerto Cabezas y Cabo Gracias a Dios. En el occidente del país, en el Departamento de Chinandega, las constantes e intensas lluvias en la zona, provocaron el desbordamiento del Río Negro. Los reportes oficiales dieron a conocer alrededor de 20 comunidades inundadas por el desbordamiento del río Coco y sus afluentes; gran destrucción en la zona de Sandy Bay y Cabo Gracias a Dios, con 80 muertos, gran cantidad de heridos, 600 casas destruidas, en general alrededor de 4000 personas afectadas directamente.

l'esondazione parziale o totale dei fiumi locali e l'inondazione delle aree pianeggianti (SINAPRED, 2000). Il totale di vortici ciclonici negli ultimi 36 anni (1971-2007) include 3 tormente tropicali e 13 uragani. Quelli a più alta produzione di precipitazioni sono stati gli uragani Irene nel 1971 (155 mm); Alleta nel 1982 (403 mm); Gert nel 1993 (444 mm); e Mitch nel 1998 (493 mm) (INETER, 1998).

Uragani dal lontano 1646 in poi

Benché senza dettagliati registri, basati su alcuni rapporti storici, si sa che nel 1646 un uragano interessò il Realejo, Chinandega, all'occidente del Paese, provocando danni gravi in quasi tutta la città. La stima dei danni è sconosciuta.

Nell'ottobre del 1892 un uragano si abbattè sul nel territorio del Paese ma non si ha informazioni sulla stima dei Danni.

La zona atlantica del Paese, principalmente Prinzapolka, fu interessata da un uragano che nel 1941 causò gravi danni nella città di Puerto Cabezas e inquinò le acque dolci con quelle salate. Distrusse inoltre, il carico di frutti necessari per l'alimentazione della popolazione, specie il mango che per gli indigeni è un cibo basilare (Zamora, Humberto, 1970).

Nel mese di febbraio del 1955 una tormenta tropicale interessò la zona dell'Atlantico e provocò danni persino a Managua e dintorni. Dieci anni più tardi, tra l'11 e il 18 giugno 1965, l'uragano Isabel di categoria 3 interessò il territorio del Nicaragua e del Costa Rica. Dei danni non ci sono testimonianze.

L'uragano Edith –categoria 5- interessò la Repubblica del Nicaragua tra il 5 e il 18 settembre 1971. Colpì il territorio entrando dal settore di Sandy Bay, tra Puerto Cabezas e Cabo Gracias a Dios. Nell'occidente del Paese, particolarmente nel Dipartimento di Chinandega dove le costanti e intense piogge nella zona provocarono la tracimazione del Río Negro (fiume Nero). I rapporti ufficiali parlano di almeno 20 comunità coinvolte nell'esondazione del fiume Coco e i suoi affluenti. Grande distruzione nella zona di Sandy Bay e Cabo Gracias a Dios, con 80 deceduti, numerosi feriti, 600 case distrutte e circa 4000 persone interessate.

Huracán Irene, 1971

Simultáneamente al huracán Edith, específicamente entre el 11 y 20 de septiembre, otro huracán de categoría 1, denominado Irene, se formó en el mar Caribe, afectando también la República de Nicaragua, específicamente en el área sur de la Costa Atlántica del país, causando el desborde del río Prinzapolka, afectando a las comunidades asentadas en sus riberas. Las intensas precipitaciones produjeron inundaciones en Bluefields y las comunidades de El Tortuguero, Monkey Point y San Carlos en Río San Juan. Se reportaron 3 muertos y más de 1500 afectados.

En 1982 el huracán Alleta azotó el país. El número de daños en todo el país fue valorado en aproximadamente 700 millones de dólares de los cuales 50.4 miles de dólares, en el caso de educación y daños en la red vial se estimó en 111 millones de dólares a lo que deben de sumarse 6.6 millones del costo de reposición de los puentes. Las vías dañadas fueron Managua-León-Chinandega-Guasaule. Se estimaron en Nicaragua entre 63-80 fallecidos y 52,000 afectados.

En 1988 el huracán Joan de categoría 4, afectó todo el territorio nacional. El total de fallecidos en el país fue de 148 habitantes y 550,000 damnificados de los cuales más de 40 familias pertenecían a los barrios del Municipio de Managua. Se estimó un costo aproximado en daños de 1160 millones de dólares.

El 27 de julio de 1996, el huracán César clasificado como de categoría 1, afectó severamente el territorio nicaragüense con fuertes vientos, elevadas precipitaciones y subsecuentes inundaciones, originaron grandes daños a la población, infraestructura social y económica del país. La Cruz Roja nicaragüense informó que el recuento oficial de los daños causados por el huracán Cesar, en todo el territorio fue de 9 muertos, 39 desaparecidos, 100 mil damnificados y destrucción de más de 2,500 viviendas.

En 1998 se produjo el huracán Mitch, con categoría 5 y clasificado como el huracán del Siglo XX. Debido a su lento movimiento entre el 29 de octubre y el 3 de noviembre, Mitch dejó cantidades históricas de precipitaciones en Honduras y Nicaragua, con informes no oficiales de hasta 1900 mm. Las muertes ocasionadas por las catastróficas inundaciones lo hicieron el segundo huracán más mortífero del Atlántico, cerca de 11,000 personas murieron y alrededor de 8000 permanecían

L'uragano Irene, 1971

Simultaneamente all'uragno Edith, specificamente tra l'11 e il 20 settembre, un altro uragano categoría 1, dal nome Irene, si formò nel Mar dei Caraibi interessando anche la Repubblica del Nicaragua, specificamente l'area Sud della sua costa atlantica, causando l'esondazione del fiume Prinzapolka, recando danni alle comunità insediate sulle sue rive. Le intense precipitazioni produssero allagamenti in Bluefields e nei villaggi di El Tortuguero, Monkey Point e San Carlos in Río San Juan. Tre morti e più di 1500 persone interessate.

Nel 1982 l'uragano Alleta frustò il Paese. La stima dei danni fu di circa 700 milioni di dollari dei quali 50,4 milioni relativi all'istruzione; i danni alla rete stradale si calcolarono in 111 milioni di dollari più altri 6,6 milioni per la ricostruzioni dei ponti danneggiati. Le principali strade danneggiate sono state quelle di Managua-León-Chinandega-Guasaule. Tra 63 e 80 i deceduti e 52000 le persone coinvolte.

Joan, uragano categoria 4, interessò tutto il territorio del Nicaragua nel 1988. I morti furono 148 e 550000 i sinistrati, dei quali circa 40 famiglie dei quartieri del Comune di Managua. La stima dei danni: 1160 milioni di dollari.

Il 27 luglio 1996, un altro uragano, di categoria 1 e dal nome César, colpì gravemente il territorio nicaraguense, provocando ingenti danni alla popolazione, ed alle l'infrastrutture sociali ed economiche del Paese. La Croce Rossa nicaraguense indicò come stima ufficiale dei danni: 9 morti, 39 persone disperse, 100 mila sinistrati e più di 2500 abitazioni distrutte.

Nel 1998 si ebbe l'arrivo dell'uragano Mitch che classificato di categoría 5 viene indicato come l'uragano del XX Secolo. Dovuto al suo lento passaggio tra il 29 ottobre e il 3 novembre, il Mitch lasciò cadere quantità storiche di precipitazioni sui territori dell'Honduras e il Nicaragua, addirittura dell'ordine di 1900 mm, secondo rapporti non ufficiali. Le morti causate dalle catastrofiche inondazioni lo classificarono il secondo uragano più mortifero dell'Atlantico con circa 11000 deceduti e circa 8000 persone che ancora alla fine di quell'anno risultavano disperse. Le inondazioni (Fig. 8.37) provocarono danni ingentissimii stimati in 5 mila milioni di dollari. (1998 USD).

L'uragano Mitch riuscì a coprire tutto il Centroamerica, concentrandosi sopratutto sul Costa Rica El Salvador, il



Fig. 8.37 - Inundación en el Lago Managua después del huracán Mitch. (Fuente: http://nicaragua.usembassy.gov/wwwhusceg.html).

desaparecidas a finales de 1998. Las inundaciones (Fig. 8.37) causaron daños extremos estimados en 5 mil millones de dólares (1998 USD).

El huracán Mitch llegó a cubrir toda el área de Centroamérica, concentrándose principalmente en Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras. La población directamente afectada fue aproximadamente de 3.5 millones, de los cuales muertos y desaparecidos sumaron 20,000 personas (Alcántara-Ayala, 2010). En Nicaragua ningún fenómeno climático había causado tanto daño como el huracán Mitch que presentó velocidades de 285 kph y espirales nubosas superiores a los 400 km (INETER, 1999).

El daño generado por el huracán Mitch en la población nicaragüense se calculó en un total de 867,752 personas afectadas, 254 heridos, 2,515 muertos y 885 desaparecidos. En daños de instalaciones de salud se estimó un costo de 84 millones de dólares; 605.3 millones de dólares en infraestructura vial; 471.1 millones de dólares en viviendas; 18 millones de dólares en energía eléctrica; 12 millones de dólares en comunicaciones; 19.8 millones en agua potable y alcantarillado; 51.3 millones de dólares en educación; y 1.1 millones de dólares en el sector privado (Álvarez et al., 1999).

En 1999 se presentó una tormenta tropical que provocó inundaciones en Chinandega, Carazo y Managua, originando 11 muertos, 107,105 afectados y 0.5 millones de dólares en pérdidas.

En septiembre de 2000 se produjo la tormenta tropical Keith la cual afectó a León, Chinandega y Managua, provocando 2,300 afectados, 1 muerto y 1 millón de dólares en daños.

Guatemala e l'Honduras. La popolazione direttamente interessata fu di circa 3,5 milioni, i morti e i dispersi 20000 (Alcántara-Ayala, 2010). Nel Nicaragua, nessun altro fenomeno climatico aveva causato un danno pari a quello prodotto dall'uragano Mitch, che ebbe velocità medie di 285 km orari e rain bands spiraliformi larghe più di 400 km (INETER, 1999).

Nel territorio nicaraguense il Mitch coinvolse: 867.752 persone; 254 persone ferite; 2515 morti e 885 persone disperse. Le perdite economiche stimate: $ 84 milioni nell'infrastruttura sanitaria; $ 605,3 milioni nell'infrastruttura stradale; $ 471,1 milioni per la distruzioni di abitazioni; $ 18 milioni al servizio elettrico; $ 12 milioni nelle comunicazioni; $ 19,8 milioni nel servizio dell'acqua potabile e nelle fognature; $ 51,3 milioni negli edifici scolastici e $ 1,1 milioni nel settore privato (Álvarez et al., 1999).

Un anno dopo il passaggio del Mitch, nel 1999 una tormenta tropicale provocò inondazioni in Chinandega, Carazo e Managua, e causò la morte di 11 persone, interessò 107,105 abitanti e produsse perdite per $ 0,5 milioni.

Nel settembre del 2000 la tormenta tropicale Keith interessò i Dipartimenti di León, Chinandega e Managua; 2300 le persone interessate, 1 persona morta e $ 1 milione di danni.

Nel settembre del 2002, la tormenta tropicale Isidore causò la morte di due persone a Managua, interessò più di 300 persone e produsse perdite economiche dell'ordine di $ 1 milione.

En septiembre de 2002 la tormenta tropical Isidore ocasionó en Managua 2 muertos, 300 afectados y 1 millón de dólares en daños.

En los primeros días de octubre del 2005, la tormenta tropical Stan tocó tierra en Nicaragua. Esta afectó a los departamentos de León, Chinandega, Managua, Granada y Matagalpa. En el departamento de Managua se registraron 64 viviendas afectadas, de las cuales 14 fueron destruidas y 50 semi-destruidas, la población afectada fue de aproximadamente 2,470 personas, incluyendo 1,508 personas evacuadas y 3 muertos (SINAPRED, 2005a).

Del 27 al 31 de octubre del 2005, Nicaragua fue afectada de manera directa por el Huracán Beta. La Secretaría Ejecutiva del Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), informó a la población Nicaragüense, que la depresión tropical No. 26 había evolucionado a tormenta ubicándose en la mañana a 220 km, de Bluefields (Región Autónoma del Atlántico Sur, Nicaragua) y desplazándose en dirección NO, por lo que alcanzó categoría de Huracán en la noche (SINAPRED, 2005b).

El huracán Félix, en septiembre de 2007 clasificado categoría 5, afectó severamente la zona Atlántica de Nicaragua. En territorio nicaragüense, afectó primeramente a los Cayos Miskitos y después a la ciudad de Bilwi (también llamada Puerto Cabezas) capital de dicha región. En ese lugar, Félix causó destrucción en las casas de madera arrancando láminas de los techos de zinc y dejando incomunicada a la ciudad, excepto la comunicación por celular. Destruyó las instalaciones de la Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe de Nicaragua (URACCAN), las cuales servían de refugio a la gente. También causó daños en el municipio de Waspán a orillas del río Coco, fronterizo con Honduras; en la RAAN hubo un reporte preliminar de 159 muertos.

La Barra de Sandy Bay (Fig. 8.38) fue la más afectada donde casi no quedó nada de sus 3,500 viviendas. La magnitud del Huracán hizo mucho daños a las casas, carreteras, árboles y muchos de los tendidos eléctricos. Esto causando que las personas afectadas quedaran sin comunicación y energía eléctrica. Otras de las comunidades más afectadas fue Tasba Pri, la cual dejó a 20 mil pobladores sin hogar. Debido al deterioro total de las rutas terrestres la ayuda inmediata tuvo que realizarse por medios acuáticos. En forma general, destruyó totalmente cerca de 7.895 viviendas y otras 400 de forma parcial.

Nei primi di ottobre del 2005, la tormenta tropicale Stan toccò la terraferma nel Nicaragua agendo sui dipartimenti di León, Chinandega, Managua, Granada e Matagalpa. A Managua provocò danni su 64 abitazioni, 14 di esse totalmente distrutte e 50 semi-distrutte. La popolazione interessata fu di 2470 persone, 1508 evacuate 3 morti (SINAPRED, 2005a).

Nello stesso 2005, il 27 ottobre, la segreteria del "Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres" (SINAPRED) – l'autorità per la protezione civile – fece sapere alla popolazione nicaraguense che la depressione tropicale n. 26 era diventata tormenta tropicale localizzandosi il giorno dopo a 220 km da Bluefields (Región Autónoma del Atlántico Sur, Nicaragua) spostandosi poi con direzione NW; la notte dello stesso giorno passò a categoria di uragano (SINAPRED, 2005b).

L'uragano Félix classificato categoria 5, interessò, nel settembre del 2007, la zona atlantica del Nicaragua, prima l'area di Cayos Miskitos e dopo la città di Bilwi (nota anche col nome Puerta Cabezas), capoluogo della regione. Lì l'uragano provocò la distruzione di case costruite in legno strappandone i tetti di lamina e lasciò la città priva di comunicazioni tranne quella attraverso i cellulari. Distrusse, inoltre, gli edifici della Universidad de las Regiones Autónomas de la Costa Caribe de Nicaragua (URACCAN), che all'epoca serviva come rifugio per i disastrati. Altre comunità furono altresì danneggiate: Waspán sulla riva del fiume Coco, sul confine con l'Honduras; nella RAAN ci fu un primo rapporto indicante 159 morti.

La lingua di terra Sandy Bay (Fig. 8.38) fu la zona più danneggiata da Félix giacché l'uragano spazzò quasi tutte le sue 3500 case, strappando alberi, sbarrando le strade e buttando per terra i fili dell'elettricità. Un'altra comunità tra le più interessate fu Tasba Pri, dove 20000 abitanti rimasero senza tetto. L'aiuto dei soccorritori dovette arrivare per via acquatica in virtù dello stato di distruzione delle strade. Complessivamente, l'uragano distrusse circa 7895 abitazioni e ne danneggiò altre 400.

Tormenta Tropicale Mathew, 2010

Dal 23 al 26 settembre 2010 la tormenta tropicale Mathew si abbattè sul Centroamerica e particolarmente sul Nicaragua dove le forti piogge su tutto il territorio causarono inondazioni nei dipartimenti di Managua,



Fig. 8.38 - Vista de la Barra de Sandy Bay al paso del huracán Félix en septiembre de 2007.

Tormenta Tropical Mathew, 2010

Del 23 al 26 de septiembre del 2010 se registró la tormenta tropical Mathew que afecta a Centroamérica y principalmente a Nicaragua. Las fuertes lluvias en todo el país causaron inundaciones en los departamentos de Managua, Granada, Rivas, Jinotega, Estelí, Chinandega, Boaco, Chontales. Se activaron 101 albergues, 6,511 personas evacuadas, 71,800 personas afectadas y 58 muertos en toda la región. En Managua se evacuaron los ubicados en la costa del lago, se activaron 22 albergues con aproximadamente 2,878 personas. Se estimó un total de 207 millones de córdobas (10.2 millones de dólares) en daños, según reportes oficiales.

Granada, Rivas, Jinotega, Estelí, Chinandega, Boaco, Chontales. Sono stati resi disponibili 101 alloggi per le 6511 persone evacuate; 71800 persone furono coinvolte e 58 morti. Nella città di Managua furono evacuate le comunità insediate sulla riva del lago, si approntarono 22 allogi dove si ricoverarono 2878 persone. In alcuni rapporti ufficiali si stimarono in 207 milioni di "córdobas" (pari a $ 10,2 milioni) i danni.

8.3.4 Principales deslizamientos ocurridos en Nicaragua

8.3.4 Principali frane avvenute nel Nicaragua

En Nicaragua los movimientos de laderas son uno de los procesos geológicos más extendidos y frecuentes, constituyen una amenaza a las vidas humanas, los cultivos y la infraestructura social y ambiental. Sin embargo la información sobre la ocurrencia de eventos históricos es limitada y no es hasta finales de 1998 (después de la tragedia del volcán Casita) que se inició de manera sistemática el estudio de deslizamientos en Nicaragua (INETER, 2001). A continuación se presenta una breve descripción de los principales deslizamientos conocidos, ocurridos en la historia reciente con estimaciones generales de daños donde sea posible.

Nel Nicaragua le frane sono uno dei processi geologici più estesi e frequenti, costituiscono una minaccia alla vita umana, all'agricoltura e all'infrastruttura sociale ed ambientale. Ciononstante le informazioni sul manifestarsi degli eventi nella storia sono limitate fino al 1998 (a seguito della tragedia causata dal vulcano Casita) quando si avviò in modo sistematico lo studio delle frane che si susseguono nel Nicaragua (INETER, 2001). Di seguito si presenta una breve descrizione delle principali frane conosciute, avvenute nella storia recente con stime complessive dei danni dove possibile.

En el año 1570 una avalancha en el volcán Mombacho provocada por un temblor mata a los 400 vecinos del poblado del mismo nombre.

Nel 1570 una valanga innescata da un sisma scese giù dal vulcano Mombacho uccidendo 400 abitanti del villaggio omonimo.

Aunque no se ha estudiado a detalle, según reportes de la época, en 1876 ocurrió un aluvión originado en Las Cuchillas destruyendo la parte occidental de Managua. No existen datos disponibles sobre la magnitud de los daños ocasionados.

De igual forma, en 1903, un aluvión afectó el área urbana de la ciudad de Matagalpa en la región central-norte del país causando muertes y daños materiales. No existen datos disponibles sobre la cuantificación de los daños ocasionados.

En la noche del 27 de septiembre de 1996 después de fuertes lluvias, ocurrió un lahar en la parte noreste del volcán Maderas en la isla de Ometepe, el cual destruyó el poblado El Corozal. En este evento 6 personas murieron y varios heridos. La avalancha de rocas, lodo y agua destruyó 36 casas, extensiones de cultivos fueron dañados y algunas áreas fueron cubiertas con dos metros de lodo. En total, según reportes de Defensa Civil, 250 personas fueron afectadas por el lahar y evacuadas temporalmente en la escuela local.

El "Deslave del Casita" (Fig. 8.39) ha sido uno de los peores desastres naturales de la historia de Nicaragua y fue originado por un movimiento de ladera de grandes dimensiones que tuvo lugar en uno de los volcanes clasificados como "históricamente activos" de la Cordillera Volcánica del Pacífico. Con condiciones geológicas y geomorfológicas propicias para este tipo de fenómenos, la inestabilidad se desencadenó con las lluvias excepcionalmente intensas, asociadas directamente por el paso del huracán Mitch por Centroamérica. Este evento ocurrió el 30 de octubre de 1998 localizado geográficamente en el Volcán Casita, al occidente del país en el departamento de Chinandega.

Benché non ci siano degli studi dettagliati, secondo alcuni rapporti epocali nel 1876 un'alluvione verificatosi nella regione di Las Cuchillas distrusse la parte occidentale della città di Managua. Non ci sono dati dei danni.

Nel 1903 un'altro alluvione interessò il centro abitato di Matagalpa, al centro-nord del Paese, causando morte e danni materiali. Non ci sono delle stime su questi ultimi.

Nella notte del 27 settembre dell'anno 1996, a seguito di torrenziali piogge un lahar scese dalla parte NE del vulcano Maderas nell'isola di Ometepe che spazzò il villaggio El Corozal. Sei persone persero la vita e molti furono i feriti. La valanga di materiale roccioso, fango e acqua distrusse 36 abitazioni, estese aree coltivate furono danneggiate e un metro di fango coprì alcune zone. Secondo le autorità della protezione civile (Defensa Civil), 250 persone furono colpite dal lahar ed evacuate e allogiate nella scuola locale.

Il movimento gravitativo tipo debris flow – noto localmente con il nome di "Deslave del Casita" (Fig. 8.39) – è stato uno dei peggiori disastri naturali della storia del Nicaragua. Originato dal crollo di una estesa sezione di uno dei versanti del Casita, uno dei vulcani classificati "storicamente attivi" della Cordigliera Vulcanica del Pacifico. L'area di origine aveva già le condizioni geologiche e geomorfologiche propizie per l'innesco di fenomeni di questo tipo e le piogge eccezionalmente intense associate al passaggio per il territorio centroamericano dell'uragano Mitch scatenarono la tragedia. Questo evento è accaduto il 30 ottobre 1998, geograficamente localizzato sulle falde del vulcano Casita, all'occidente del Nicaragua nel Dipartimento di Chinandega. Secondo le stime fatte da specialisti di diversi istituzioni accademiche e di ricerca



Fig. 8.39: Vista aérea del deslizamiento ocurrido en el Volcán Casita (INETER, Enero 2007).

De acuerdo a estimaciones realizadas por especialistas de diferentes instituciones académicas y de investigación científica, el volumen de material desplazado fue de 1,800,000 m^3 de material con un alcance máximo de desplazamiento de 12 km. Como consecuencia de ello los daños estimados fueron de 2547 muertos, 290 viviendas destruidas o afectadas seriamente y carreteras e infraestructura social de la zona afectada (García, J.M. et al., 2002).

Deslave en el Volcán San Cristóbal, 1999

El 17 de diciembre de 1999 el Comité de Emergencia de la Defensa Civil confirmó un deslave que se produjo en las laderas del volcán San Cristóbal manteniendo en estado de alarma a la población de la comunidad Villa 15 de Julio del municipio de Chinandega. El deslave se produjo desde la cima y se extendió a una distancia de 10 kilómetros hacia abajo.

scientifica, il volume del materiale spostato fu di 1.800.000 m^3 raggiungendo persino i 12 km di distanza dalla fonte. Di conseguenza i danni stimati furono di 2547 morti, 290 abitazioni distrutte o perlomeno seriamente danneggiate e le strade e l'infrastruttura sociale della zona furono colpite (García, J.M. et al., 2002).

Frana sul vulcano San Cristóbal, 1999

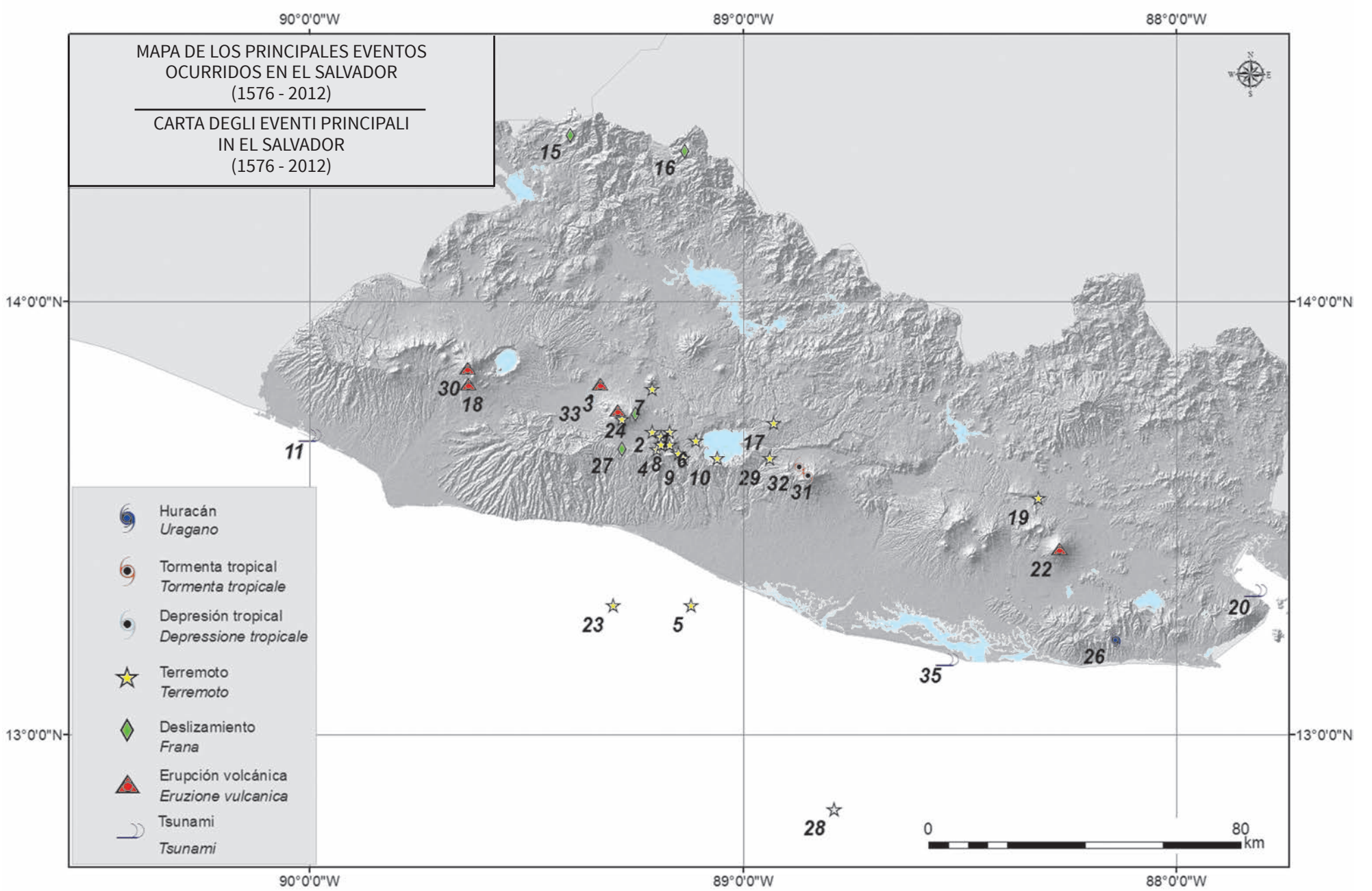
Il 17 dicembre 1999 il Comitato di Emergenza della Protezione Civile prese atto di un movimento franoso avvenuto lungo il versante del vulcano San Cristóbal attivando lo stato di allarme sulla popolazione della comunità "Villa 15 de Julio" nel Comune di Chinandega. La frana partita dalla sommità del vulcano si estese per una distanza di 10 km.

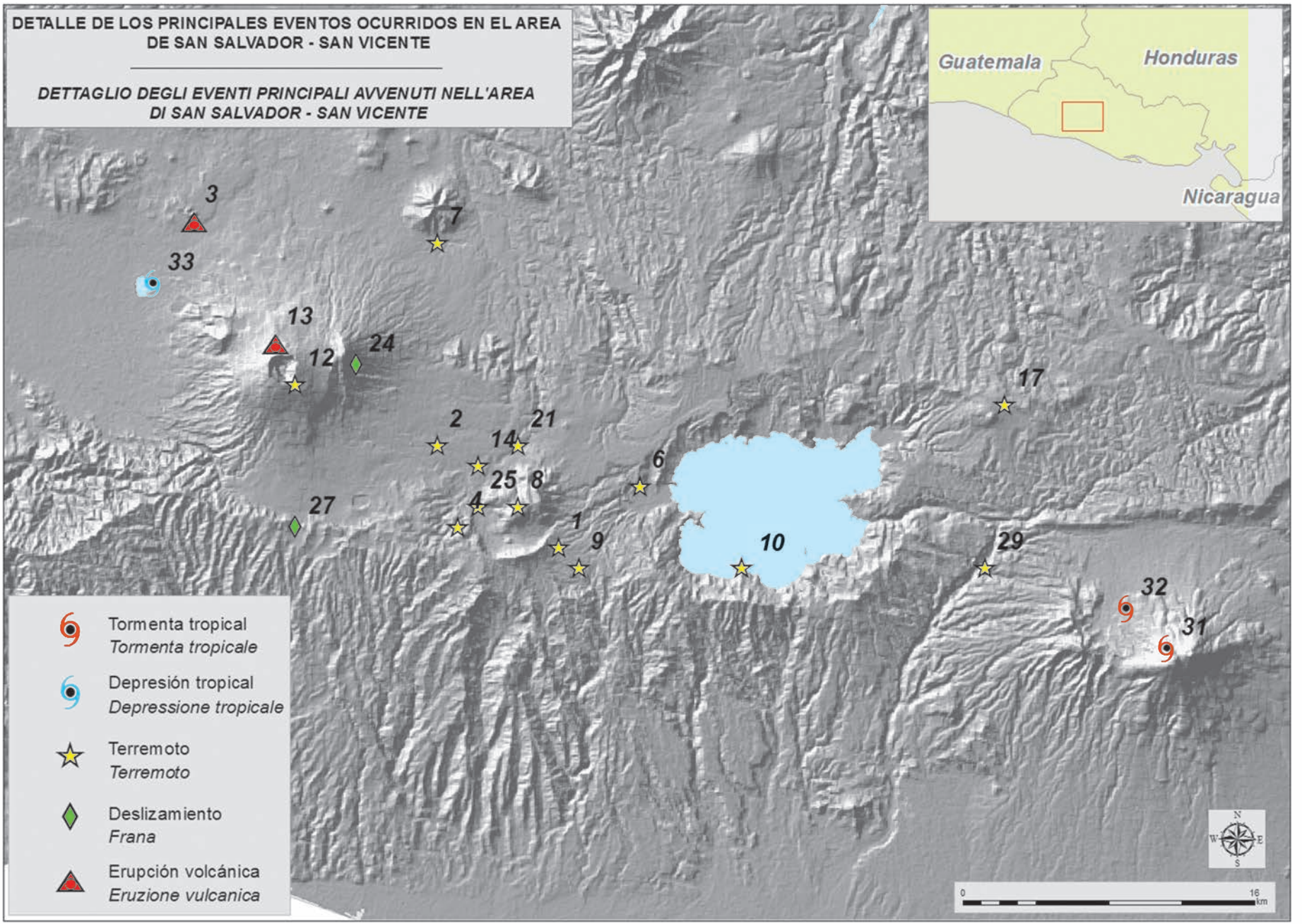
Principales Eventos Ocurridos en El Salvador

Evento No.	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
1	EL SALVADOR	23/05/1576	Terremoto	Completa destrucción de la ciudad, epicentro localizado entre San Marcos y Santo Tomás.	No calculadas
2	EL SALVADOR	30/09/1659	Terremoto	Completa destrucción de la ciudad y violenta erupción del Volcán El Boquerón	No calculadas
3	EL SALVADOR	30/09/1659	Erupción volcánica	Violenta erupción del Volcán El Boquerón el cual permanece inactivo hasta 1917.	No calculadas
4	EL SALVADOR	nd/nd/1707	Terremoto	Completa destrucción de la ciudad.	No calculadas
5	EL SALVADOR	nd/nd/1719	Terremoto	Completa destrucción de la ciudad.	No calculadas
6	EL SALVADOR	2/02/1798	Terremoto	Completa destrucción de la ciudad, mayor daño en Cuscatlán, al sur oeste de la capital.	No calculadas
7	EL SALVADOR	22/03/1839	Terremoto	Completa destrucción de la ciudad. Daño también a Nejapa y Quezaltepeque al norte de la capital.	No calculadas
8	EL SALVADOR	16/04/1854	Terremoto	Mayor desastre causado por un terremoto a la ciudad, mayor intensidad estuvo cerca del Cerro San Jacinto. La capital fue transferida a Santa Tecla (pero retornada al sitio original en 1895).	No calculadas
9	EL SALVADOR	1/03/1873	Terremoto	Epicentro presumiblemente cerca de Santo Tomás.	No calculadas
10	EL SALVADOR	nd/12/1879	Terremoto	Terremoto procedente de la erupción en el Lago de Ilopango.	No calculadas
11	EL SALVADOR	02/26/02	Tsunami	Afectó la Barra de Santiago en Ahuachapán	Fallecieron de 51 a 100 personas
12	EL SALVADOR	nd/06/1917	Terremoto	Mayor desastre. Terremoto simultáneamente con erupción del Boquerón, numerosas réplicas.	1,050 fallecidos
13	EL SALVADOR	nd/06/1917	Erupción volcánica	La erupción causó daños en Armenia, Ilopango, Quezaltepeque y alrededores.	No calculadas
14	EL SALVADOR	28/04/1919	Terremoto	Similar al terremoto del 3 de mayo de 1965. Cayeron las casas dañadas por el terremoto de 1917. Magnitud 5.9 grados.	100 fallecidos
15	EL SALVADOR	nd/06/1934	Deslizamiento	Deslizamiento ocasionado por una tormenta en 1934	Afectó la ciudad de Metapán causando 100 muertes
16	EL SALVADOR	nd/06/1934	Deslizamiento	La Zompopera, de gran magnitud ocasionado por una tormenta en 1934	No calculadas
17	EL SALVADOR	20/12/1936	Terremoto	En San Vicente con una magnitud de 6.1 grados.	100 a 200 fallecidos
18	EL SALVADOR	nd/nd/1945	Erupción volcánica	Erupción del volcán de Izalco durante 100 años continuamente	No calculadas
19	EL SALVADOR	06/05/1951	Terremoto	Ocurrido en la zona oriental de El Salvador dañando los municipios de Jucuapa y Chinameca entre otros. Magnitud 6.5 grados.	400 fallecidos
20	EL SALVADOR	05/22/60	Tsunami	Sucedido en La Unión al oriente de El Salvador	Daños no calculados
21	EL SALVADOR	03/05/1965	Terremoto	Epicentro entre San Marcos y Santo Tomás. Considerable destrucción en un rango de 15 kilómetros. El sismo principal estuvo precedido por pequeños temblores durante 3 meses, intensidad de 6 a 6.5 grados.	125 fallecidos
22	EL SALVADOR	nd/nd/1970	Erupción volcánica	Gran erupción de ceniza volcánica del volcán de San Miguel.	No calculadas

Evento No.	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
23	EL SALVADOR	19/06/1982	Terremoto	Afectó todo el país con una magnitud de 7.0 grados.	8 fallecidos
24	EL SALVADOR	19/09/1982	Deslizamiento	De gran magnitud, el cual arrastró alrededor de 400 mil m3 de material, soterrando la colonia Montebello y otras áreas. Fue detonado por un período de lluvias intensas que también produjeron inundaciones y desbordamientos en otras áreas.	600 personas fallecidas y pérdidas por US$126 millones, cuantificadas para el deslizamiento y por inundaciones y desbordamientos.
25	EL SALVADOR	10/10/1986	Terremoto	Epicentro en la Cadena Volcánica, con una profundidad de 10 km y manitud de 5.4 grados.	1,500 fallecidos y un estimado de US$ 1.4 billones
26	EL SALVADOR	31/10/1998	Huracán	Mitch, uno de los peores desastres en la región centroamericana. Ocasionó fuertes y constantes lluvias durante varios días que desbordó ríos provocando inundaciones en poblados costeros al suroriente y suroccidente.	240 fallecidos y 84 mil afectados y pérdidas materiales por US$262 millones.
27	EL SALVADOR	13/01/2001	Deslizamiento	Desencadenado por el sismo, en la ladera norte de la cordillera del Bálsamo. Movilizó alrededor de 500,000 m3 de material que soterró parte de la colonia Las Colinas.	600 fallecidos y pérdidas económicas registradas en el terremoto
28	EL SALVADOR	13/01/2001	Terremoto	Daños en todo el país, magnitud 7.7 grados.	844 fallecidos, US$1,255 millones en pérdidas materiales.
29	EL SALVADOR	13/02/2001	Terremoto	Principales daños en San Vicente, Cojutepeque y otras áreas aledañas. Magnitud 6.6 grados.	315 fallecidos principalmente niños, 3,300 heridos y pérdidas económicas por US$ 348.5 millones.
30	EL SALVADOR	10/1/05	Erupción volcánica	Erupción del volcán de Santa Ana, misma fecha de Tormenta Tropical Stan	Afectó la Zona cafetalera y un Lahar
31	EL SALVADOR	8/11/2009	Tormenta tropical	Ida, produjo alta precipitación que ocasionó deslizamientos en varias áreas y un lahar en Verapaz donde causó la mayor cantidad de muertes.	198 fallecidos y 122 mil afectados y pérdidas económicas por US$314.8 millones.
32	EL SALVADOR	29/05/2010	Tormenta tropical	Agatha afectó las zonas localizadas en la zona próxima a la línea de costa y partes altas del territorio salvadoreño, con desbordamientos e inundaciones.	12 fallecidos y 120 mil afectados y alrededor de US$112 mil millones
33	EL SALVADOR	10/12/11	Depresión tropical	12E, sistema de baja presión que provocó lluvias durante 10 días ininterrumpidos, saturando los suelos, generando inundaciones y deslizamientos en casi todo el país.	34 fallecidos, 500 mil afectados y alrededor de US$840 millones
34	EL SALVADOR	08/26/12	Terremoto	Sucedido a 250 Km de las costas de El Salvador, intensidad de 6.7, no ocasionó daño, hubo un pequeño Tsunami en Isla Mendez Usulutan	No ocasionó daños, hubo un pequeño Tsunami en Isla Méndez
35	EL SALVADOR	08/26/12	Tsunami	Provocado por un terremoto del mismo día, daños menores en Isla de Mendez	No ocasionó daños, hubo un pequeño Tsunami en Isla Méndez

Cuadro 15 - Principales eventos ocurridos en El Salvador


MAPA DE LOS PRINCIPALES EVENTOS
OCURRIDOS EN EL SALVADOR
(1576 - 2012)
CARTA DEGLI EVENTI PRINCIPALI
IN EL SALVADOR
(1576 - 2012)
90°0'0"W
89°0'0"W
88°0'0"W
14°0'0"N
13°0'0"N
Huracán
Uragano
Tormenta tropical
Tormenta tropicale
Depresión tropical
Depressione tropicale
Terremoto
Terremoto
Deslizamiento
Frana
Erupción volcánica
Eruzione vulcanica
Tsunami
Tsunami
0
80
km


DETALLE DE LOS PRINCIPALES EVENTOS OCURRIDOS EN EL AREA DE SAN SALVADOR - SAN VICENTE
DETTAGLIO DEGLI EVENTI PRINCIPALI AVVENUTI NELL'AREA DI SAN SALVADOR - SAN VICENTE
Guatemala
Honduras
Nicaragua
3
33
7
13
12
24
2
21
14
25
8
4
27
1
9
6
10
17
29
32
31
Tormenta tropical
Tormenta tropicale
Depresión tropical
Depressione tropicale
Terremoto
Terremoto
Deslizamiento
Frana
Erupción volcánica
Eruzione vulcanica
N
W
E
S
0
16
km

Mapa 8.Ib

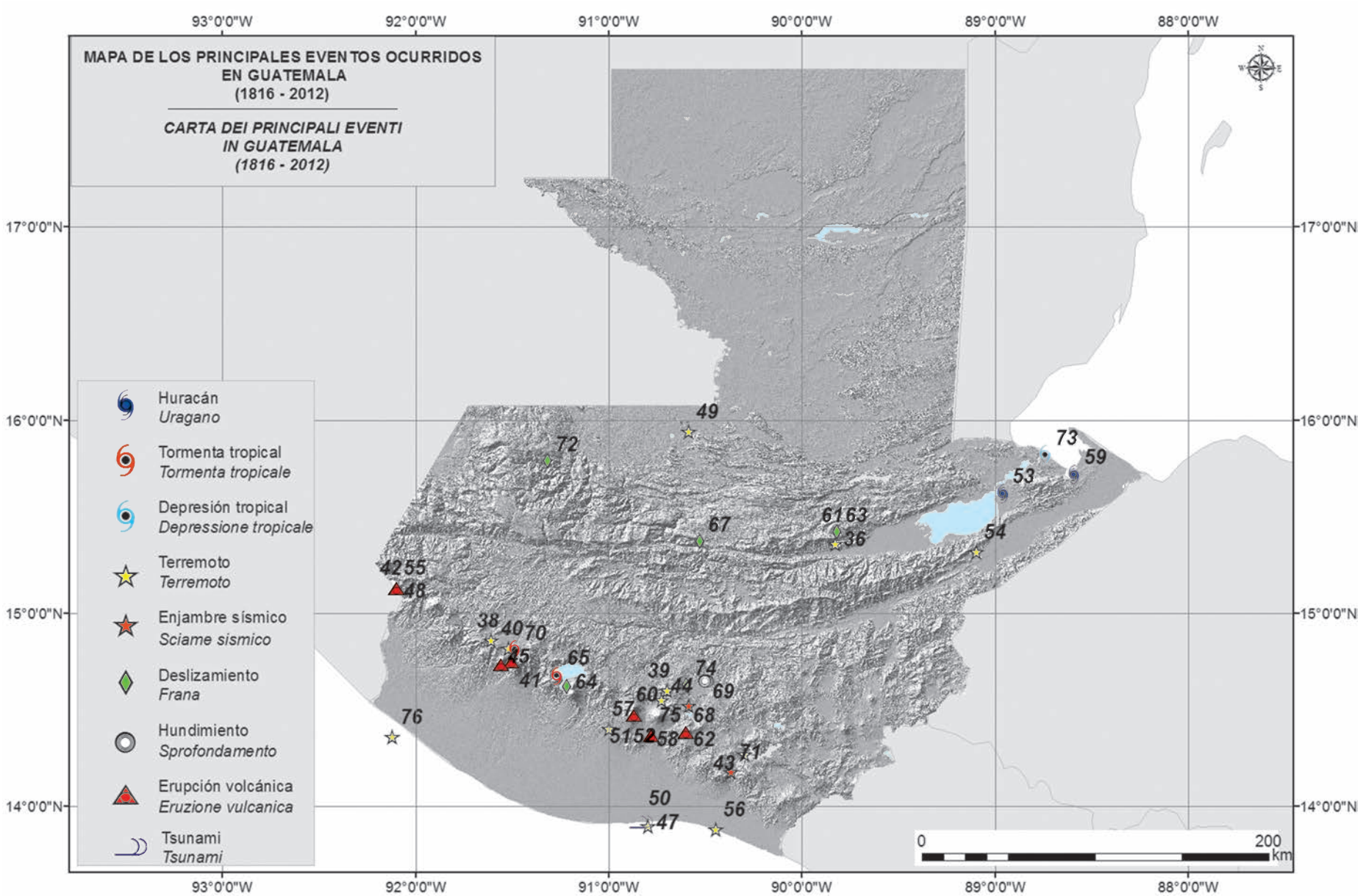
Principales Eventos Ocurridos en Guatemala

Evento No	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
36	GUATEMALA	22/07/1816	Terremoto	Ocurrido en Alta Verapaz, originado por la falla Chixoy-Polochic.	s.d.
37	GUATEMALA	29/09/1717	Terremoto	Ocurrido en la Antigua Guatemala con una magnitud estimada en 7.4 grados.	s.d.
38	GUATEMALA	24/10/1765	Terremoto	Ocurrido en Ostuncalco, Quetzaltenango con una magnitud estimada entre 7.6 y 8.2 grados.	s.d.
39	GUATEMALA	29/07/1773	Terremoto	Serie de terremotos conocidos como "terremotos de Santa Marta" los cuales destruyeron la ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala y ocasionó el traslado de la ciudad.	Entre 500 y 600 víctimas mortales.
40	GUATEMALA	18/04/1902	Terremoto	Epicentro en Quetzaltenango aunque también ocasionó daños en Sololá. La magnitud fue de 7.5 grados y es considerado uno de los más destructivos del siglo XX.	Se reportaron 200 muertos pero por la magnitud del evento se cree que fueron más.
41	GUATEMALA	Octubre 1902	Erupción volcánica	Volcán Santa María hizo erupción formando una columna de ceniza de 27-29 km de altura. El material expulsado se calcula en 10 km3, cubriendo un área de 150 km2 con más de un metro de ceniza.	Alrededor de 6,000 fallecidos.
42	GUATEMALA	1900 a 1903	Erupción volcánica	Volcán Tacaná manifestó erupciones freáticas que lanzaron ceniza y gran cantidad de emisión de gases.	s.d.
43	GUATEMALA	08/03/1913	Terremoto	Epicentro en Cuilapa, Santa Rosa, con poca profundidad entre 5 a 6.5 km y baja mangnitud.	Se reporta muchas víctimas sin información exacta.
44	GUATEMALA	nd/11/1917	Enjambre sísmico	Ocurridos en las proximidades de la ciudad capital y Villa Nueva. Duró de noviembre de 1917 a enero de 1918	s.d. completos
45	GUATEMALA	1929	Erupción volcánica	Volcán Santiaguito es producto de la erupción de 1902 del Santa María. Este año presentó la erupción más grande, produciendo ríos de lava, nubes ardientes y lahares.	Alrededor de 2,500 muertos.
46	GUATEMALA	1932	Erupción volcánica	Volcán de Fuego registra erupción violenta elevando columnas de ceniza entre 5 a 10 km de altura.	s.d.
47	GUATEMALA	06/08/1942	Terremoto	Evento con magnitud de 8.3 grados, el de mayor magnitud hasta la fecha ocurrido en el occidente del país.	No se cuenta con reporte de personas fallecidas. Los daños a estructuras fueron considerables pero no es el más destructivo.
48	GUATEMALA	1949-1959	Erupción volcánica	Volcán Tacaná manifestó erupciones freáticas que lanzaron ceniza y gran cantidad de emisión de gases.	s.d.
49	GUATEMALA	20/02/1959	Terremoto	Ocurrido en Ixcán, Quiché a una profundidad de 48 km.	s.d.
50	GUATEMALA	05/22/60	Tsunami	Registrado en Puerto de San José	No fueron estimados

Evento No	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
51	GUATEMALA	1971	Erupción volcánica	Volcán de Fuego registra erupción violenta elevando columnas de ceniza entre 5 a 10 km de altura.	s.d.
52	GUATEMALA	1974	Erupción volcánica	Volcán de Fuego registra erupción violenta elevando columnas de ceniza entre 5 a 10 km de altura.	s.d.
53	GUATEMALA	19/09/1974	Huracán	Fifi, penetró por Izabal registrando daños en la franja transversal del norte.	s.d.
54	GUATEMALA	04/02/1976	Terremoto	Con una magnitud Ms=7.5 grados, profundidad de 5 km es considerado el más destructivo del siglo XX, producido por el sistema de fallas Polochic-Motagua-Chamalecón.	Alrededor de 25,000 muertos, 75,000 heridos y un aproximado de US$1,250 mil millones en pérdidas materiales.
55	GUATEMALA	Mayo 1986	Erupción volcánica	Volcán Tacaná hizo erupción originando un pequeño cráter de 3,600 msnm en el flanco noroeste.	s.d.
56	GUATEMALA	11/10/1988	Terremoto	Considerado importante por haber destruido casi por completo el poblado de Uspantán, Quiché, con una magnitud de 5.0 grados y 5 km de profundidad.	s.d.
57	GUATEMALA	18/09/1991	Terremoto	Evento sísmico superficial de 5.3 grados que destruyó el 80% del poblado de San Miguel Pochuta, Chimaltenango debido al deficiente sistema constructivo.	25 muertos y 2,300 viviendas destruidas.
58	GUATEMALA	1998	Erupción volcánica	Volcán de Pacaya registra violenta erupción que provoca el cierre del Aeropuerto Internacional.	s.d.
59	GUATEMALA	31/10/1998	Huracán	Mitch, penetró en Guatemala y produjo abundantes lluvias en Puerto Barrios, Cobán y Zacapa. El 1 de noviembre se convirtió en depresión y se desplazó lentamente de este a oeste retomando fuerza y saliendo del territorio hasta el 4 de noviembre.	Se registraron casi 750 mil afectados, 268 fallecidos y pérdidas por US$748 mil.
60	GUATEMALA	1999	Erupción volcánica	Volcán de Fuego registra erupción violenta elevando columnas de ceniza entre 5 a 10 km de altura.	s.d.
61	GUATEMALA	30/05/2000	Deslizamiento	Ocurrieron 10 flujos de lodo en Senahé, Alta Verapaz.	13 fallecidos
62	GUATEMALA	2000	Erupción volcánica	Volcán de Pacaya registra violenta erupción.	s.d.
63	GUATEMALA	15/06/2005	Deslizamiento	Flujos de lodo en el casco urbano de Senahé, Alta Verapaz.	22 fallecidos
64	GUATEMALA	4/10/2005	Deslizamiento	A raíz de las lluvias producidas por Stan se produjo un destructivo flujo de lodo que sepultó los cantones Panabaj y Tzanchaj en Santiago Atitlán, Sololá.	82 muertos y más de 500 desaparecidos.

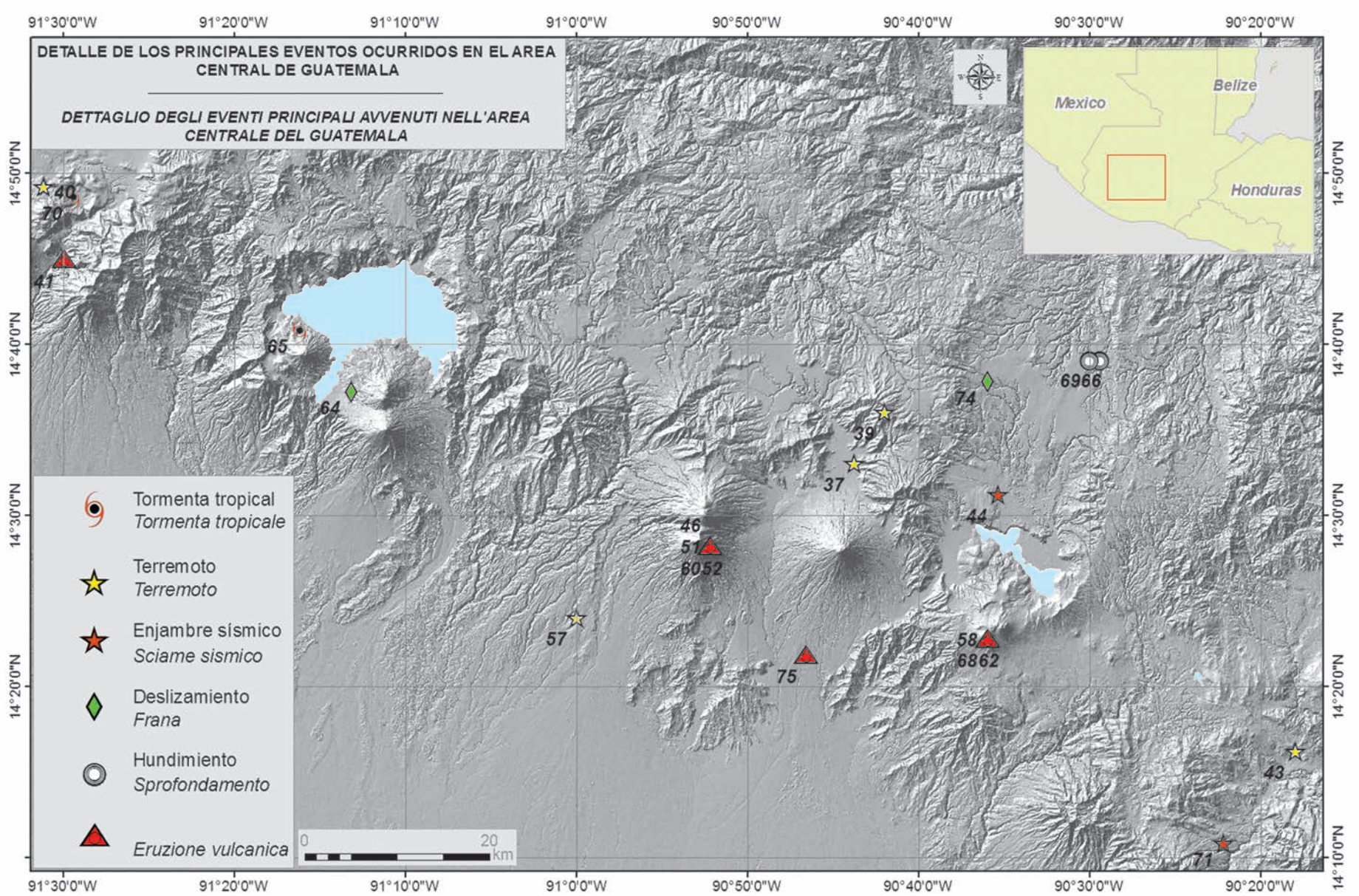
Evento No	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
65	GUATEMALA	3/10/2005	Tormenta tropical	Stan, considerado como una tormenta relativamente fuerte que en poco tiempo se convirtió en huracán categoría 1 ocasionando inundaciones y deslizamientos.	Se registraron 669 muertos, 836 heridos y 844 desaparecidos. Las pérdidas ascendieron a US$983 millones
66	GUATEMALA	22/02/2007	Hundimiento	En la zona 6 capitalina se produjo un hundimiento con un diámetro superficial de 25 m incrementando en la profundidad a 35 m. La profundidad fue de 60 m.	3 fallecidos, 12 familias evacuadas y más de US$6 millones utilizados para relleno e indemizaciones.
67	GUATEMALA	4/01/2009	Deslizamiento	Ocurrido en San Cristóbal Verapaz, movilizando miles de toneladas de material que interrumpió la vía de comunicación.	38 fallecidos.
68	GUATEMALA	27/05/2010	Erupción volcánica	Fuerte erupción del Volcán de Pacaya que generó una columna de arena que alcanzó una altura de 1,500 m y un espesor de hasta 10 cm en algunas áreas afectando principalmente la ciudad capital, Escuintla, Sacatepéquez y parte nororiental del país.	Las pérdidas por la erupción y el paso de la tormenta Agatha fueron US$980 millones; 96 muertos, 23 heridos y 62 desaparecidos.
69	GUATEMALA	29/05/2010	Hundimiento	En la zona 2 capitalina se produjo un nuevo hundimiento en horas de la noche con un diámetro de 20 m y una profundidad fue de 30 m.	Un fallecido y cerca de US$4 millones.
70	GUATEMALA	28/05/2010	Tormenta tropical	Agatha, afectó con lluvias acumuladas que produjeron inundaciones, desbordamientos de ríos y deslizamientos en varios puntos del territorio, oleaje de hasta 4 y 5 m de altura.	Las pérdidas por la erupción y el paso de la tormenta Agatha fueron US$980 millones; 96 muertos, 23 heridos y 62 desaparecidos.
71	GUATEMALA	nd/07/2011	Enjambre sísmico	Durante este período se registraron 4,211 eventos en Santa Rosa.	1 muerto, 15 heridos, 1,939 albergados, 2,180 evacuados.
72	GUATEMALA	20/09/2011	Deslizamiento	En la comunidad El Manantial, Santa Cruz Barillas, Huehuetenango se registró un deslizamiento que soterró 4 viviendas.	1 persona fallecida y 12 desaparecidos.
73	GUATEMALA	12/10/2011	Depresión tropical	12E, sistema de baja presión que provocó el incremento de lluvias y saturación de los suelos, generando inundaciones y deslizamientos en todo el país.	36 fallecidos y 254,903 personas afectadas. Las pérdidas ascienden a US$344 millones.
74	GUATEMALA	nd/12/2011	Deslizamiento	Se registra un deslizamiento, activo a la fecha, en la zona 1 del municipio de Mixco, Guatemala, el cual avanza diariamente entre 2 y 5 cm. Se ha declarado la zona de alto riesgo y se evacuó a la población.	No ha sido cuantificado.
75	GUATEMALA	09/13/12	Erupción volcánica	Erupción Volcán de Fuego, evacuación de 33mil personas Escuintla	33 mil personanas afectadas
76	GUATEMALA	11/7/12	Terremoto	Terremoto en la costa de Champerico con magnitud 7.4, con los mayores daños en San Marcos.	48 fallecidos, 150 heridos

Cuadro 16 - Principales eventos ocurridos en Guatemala


MAPA DE LOS PRINCIPALES EVENTOS OCURRIDOS EN GUATEMALA
(1816 - 2012)
CARTA DEI PRINCIPALI EVENTI IN GUATEMALA
(1816 - 2012)
Huracán
Uragano
Tormenta tropical
Tormenta tropicale
Depresión tropical
Depressione tropicale
Terremoto
Terremoto
Enjambre sísmico
Sciame sismico
Deslizamiento
Frana
Hundimiento
Sprofondamento
Erupción volcánica
Eruzione vulcanica
Tsunami
Tsunami
93°0'0"W
92°0'0"W
91°0'0"W
90°0'0"W
89°0'0"W
88°0'0"W
17°0'0"N
16°0'0"N
15°0'0"N
14°0'0"N
0
200
km

Mapa 8.IIa

Mapa 8.IIb


DETALLE DE LOS PRINCIPALES EVENTOS OCURRIDOS EN EL AREA CENTRAL DE GUATEMALA
DETTAGLIO DEGLI EVENTI PRINCIPALI AVVENUTI NELL'AREA CENTRALE DEL GUATEMALA
Mexico
Belize
Honduras
Tormenta tropical
Tormenta tropicale
Terremoto
Terremoto
Enjambre sísmico
Sciame sismico
Deslizamiento
Frana
Hundimiento
Sprofondamento
Eruzione vulcanica
0
20
km
91°30'0"W
91°20'0"W
91°10'0"W
91°0'0"W
90°50'0"W
90°40'0"W
90°30'0"W
90°20'0"W
14°50'0"N
14°40'0"N
14°30'0"N
14°20'0"N
14°10'0"N
40
70
41
65
64
74
6966
39
37
44
46
51
6052
57
75
58
6862
43
71

Principales Eventos Ocurridos en Nicaragua

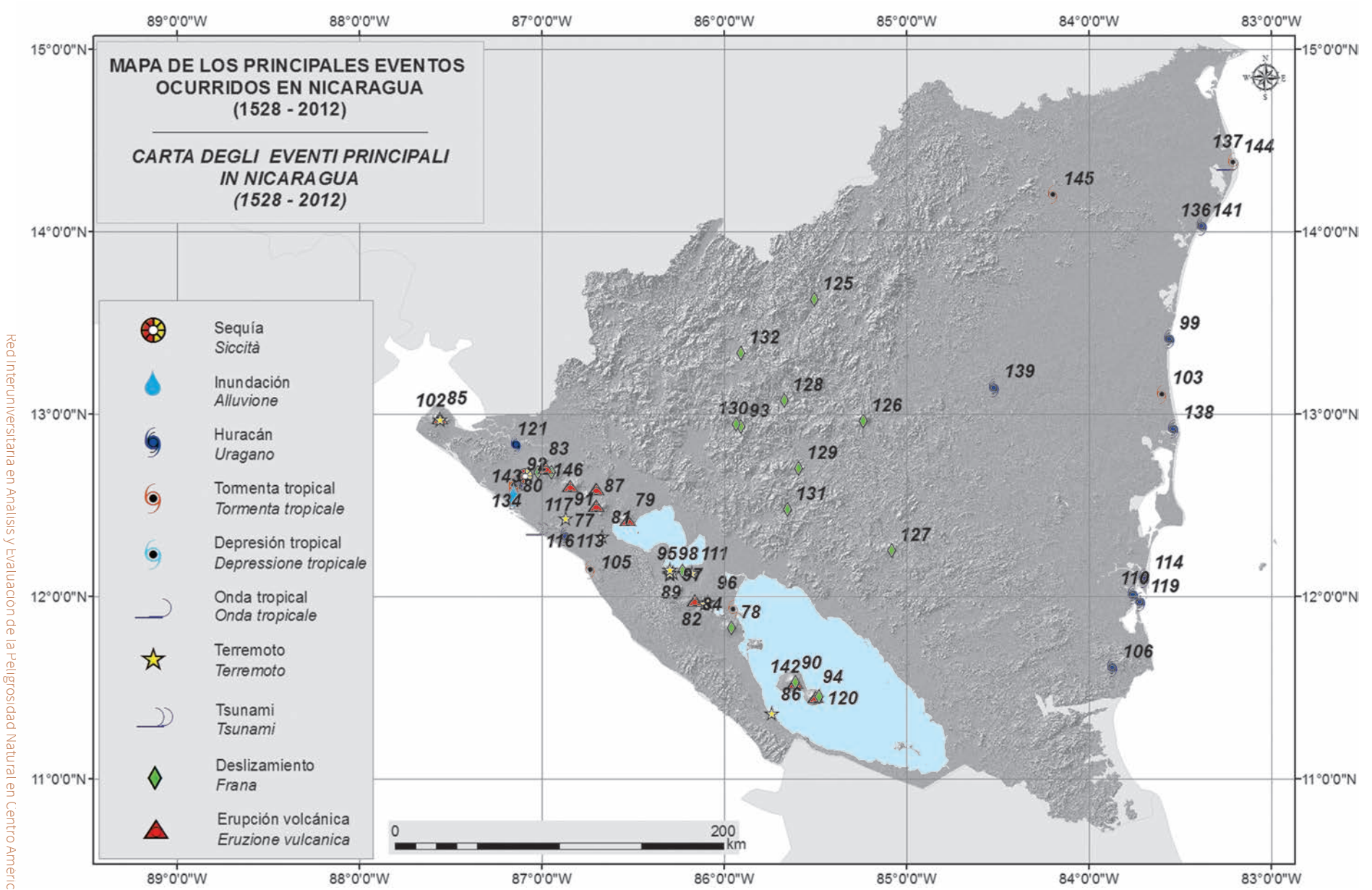
Evento No	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
77	NICARAGUA	nd/nd/1528	Terremoto	Daña la mayoría de edificios de la capital (en ese entonces, León).	s.d.
78	NICARAGUA	nd/nd/1570	Deslizamiento	Volcán Mombacho mata a 400 vecinos del Mombacho y daña gran némero de casas de Granada.	400 fallecidos.
79	NICARAGUA	nd/nd/1610	Erupción volcánica	Volcán Momotombo, fuertes temblores y crecidas subsiguientes del Lago Xolotlán, obliga el abandono de la capital León.	s.d.
80	NICARAGUA	nd/nd/1646	Huracán	Afecta El Realejo, Chinandega y provoca incendio que destruye gran parte de la ciudad.	s.d.
81	NICARAGUA	nd/nd/1648	Terremoto	Afecta nueva ciudad de León.	Muchos muertos y heridos, sin información exacta.
82	NICARAGUA	nd/nd/1670	Erupción volcánica	Erupcion Volcán Masaya, derramo lava en dirección Norte (Managua) del cráter principal. Causó severos daños en las áreas de cultivos que se encontraban en sus faldas.	s.d.
83	NICARAGUA	nd/nd/1685	Erupción volcánica	Aunque no se tiene mayores datos, sobre el tipo de fenómeno y las consecuencias involucradas, se registra que en este año el Volcán San Cristóbal, presentó alta actividad eruptiva.	s.d.
84	NICARAGUA	nd/nd/1772	Erupción volcánica	Volcán Masaya con colada masiva de lava que afecta áreas vecinas y fuertes sismos asociados dañan casas en Granada.	s.d.
85	NICARAGUA	nd/nd/1835	Erupción volcánica	Volcán Cosiguina, la mayor en América en tiempos históricos, sus cenizas afectan a la población de occidente y oscurece todo el país.	s.d.
86	NICARAGUA	nd/nd/1844	Terremoto	Destruye la ciudad de Rivas.	s.d.
87	NICARAGUA	nd/nd/1850	Erupción volcánica	La primera erupción del volcán Cerro Negro, ubicado en el departamento de León, al occidente del país, con apenas 450 msnm, fue un flujo de lava corriendo hacia el Oeste y la formación de un cono de ceniza con una altura de aproximadamente 150 - 200 pie	s.d.
88	NICARAGUA	nd/nd/1876	Deslizamiento	Aluvión desde Las Cuchillas destruye la parte occidental de Managua.	s.d.
89	NICARAGUA	29/04/1881	Terremoto	Muy violento, daña muchas casas de taquezal en la ciudad de Managua.	s.d.
90	NICARAGUA	nd/nd/1883	Erupción volcánica	Es la primera erupción de la que se tiene historia del volcán Concepción, y según registros históricos de la época, consistió de potentes y prolongadas explosiones, y derrame de lava. La fase eruptiva ocurrió a finales de Febrero y principios de Marzo. E	s.d.
91	NICARAGUA	nd/nd/1885	Terremoto	De intesidad IX, causa muertos y daños materiales en León, Chinandega y Managua. En Managua, son dañados varios edificios importantes: el edificio de gobierno, el seminario nacional, el palacio arzobispal e instalaciones militares.	Se reportó una persona muerta
92	NICARAGUA	nd/nd/1898	Terremoto	Causa destrucción parcial de Chinandega, dañó León y otras ciudades del Pacífico. En Managua fue dañada la cumbrera de la parroquia episcopal y colapsó el techo del Banco de Londres	s.d.
93	NICARAGUA	nd/nd/1903	Deslizamiento	Aluvión cae sobre Matagalpa causando muertes y daños materiales.	s.d.

Evento No	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
94	NICARAGUA	nd/nd/1921	Erupción volcánica	En Diciembre de 1921, arrojó grandes rocas encendidas y largas corrientes de lava, bajaron por sus laderas, los habitantes de la isla de Ometepe, huyeron hacia Granada y Rivas.	s.d.
95	NICARAGUA	05/10/1925	Terremoto	Una secuencia de sismos de moderada intensidad dañó varios edificios en Managua.	s.d.
96	NICARAGUA	nd/nd/1926	Terremoto	Varios sismos de moderada intensidad golpearon varias ciudades del Pacífico, casas en las ciudades de Managua, Masaya y Granada, fueron parcialmente dañadas.	s.d.
97	NICARAGUA	nd/nd/1931	Terremoto	Terremoto de magnitud 6, destruye la ciudad de Managua.	1,500 fallecidos y US$200 millones en daños.
98	NICARAGUA	nd/nd/1931	Terremoto	Fuertes sismos dañan edificios en Managua. Las paredes del Banco Nacional, del Ministerio del Interior y de la Alcaldía, entre otros se fisuraron, y ciertos edificios se cayeron. Deslizamientos en Batahola y en los alrededores de las Piedrecitas.	s.d.
99	NICARAGUA	nd/nd/1941	Huracán	Un huracán azotó la zona Atlántica de nuestro país, específicamente el área de Prinzapolka, afectando severamente a la ciudad de Puerto Cabezas, contaminando las aguas dulces con aguas saladas.	Destruyó las cosechas de los árboles frutales y cultivos
100	NICARAGUA	nd/nd/1945	Erupción volcánica	Volcán Concepcion, en enero de 1945, una fuerte actividad eruptiva fue registrada. Los retumbos del volcán se escucharon hasta la ciudad de Masaya (100 Km del volcán, aproximadamente). Los cultivos de frijol y arroz fueron dañados.	s.d.
101	NICARAGUA	nd/nd/1947	Erupción volcánica	En el año de 1947 el Volcán Cerro Negro registró una fuerte erupción entre los meses de Julio y Agosto, siendo tanta la lluvia de arena sobre la ciudad de León, la cual se acumulaba en las calles y techos de la casas.	s.d.
102	NICARAGUA	nd/nd/1951	Terremoto	De origen volcánico, este terremoto ocurrió el 02 de Agosto, de 1951, con una magnitud de 5.8, en las inmediaciones del Volcán Cosig^{3}ina, al occidente del país.	Muerte de alrededor 1000 personas
103	NICARAGUA	nd/nd/1955	Tormenta tropical	Esta tormenta afectó la zona del Atlántico y causó daños en Managua, y poblados aledaños.	s.d.
104	NICARAGUA	nd/nd/1957	Erupción volcánica	Durante el mes de Marzo, el volcán Concepción, entró en un período de actividad violenta. Gran cantidad de personas huyeron en lanchas hacia Granada y San Jorge, Rivas. Columnas de fuego se observaron en su cráter, gran cantidad de cenizas cayeron sobre	s.d.
105	NICARAGUA	nd/nd/1961	Tormenta tropical	Lluvias e inundaciones destructivas en ciudades e infraestructuras del pacifico.	s.d.
106	NICARAGUA	nd/nd/1965	Huracán	Huracán Isabel, de categoría 3, afectó a Nicaragua y Costa Rica entre el 11 y 18 de Junio de 1965.	s.d.
107	NICARAGUA	nd/10/1968	Erupción volcánica	Cerro Negro afecta a León y poblados vecinos.	s.d.
108	NICARAGUA	04/01/1968	Terremoto	Daña casas en Colonia Centroamérica y Morazán en Managua.	1,000 familias
109	NICARAGUA	nd/nd/1971	Huracán	Huracán Edith, de categoría 5, afectó la Repéblica de Nicaragua entre el 5 y 18 de Septiembre de 1971. En el occidente del país, en el Departamento de Chinandega, las constantes e intensas lluvias en la zona, provocaron el desbordamiento del Río Negro.	80 muertos, 600 casas destruidas, en total, 4000 casas afectadas

Evento No	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
110	NICARAGUA	nd/nd/1971	Huracán	Huracán Irene, de categoría 1, se formó en el mar Caribe, afectando también la Repéblica de Nicaragua, específicamente en el área sur de la Costa Atlántica del país, causando el desborde del río Prinzapolka, afectando a las comunidades asentadas en sus r	3 muertos, y más de 1500 afectados
111	NICARAGUA	23/12/1972	Terremoto	Graves daños en la ciudad de Managua, con una magnitud de 6.25 grados.	10,000 muertos y US$845 millones en pérdidas materiales.
112	NICARAGUA	nd/nd/1976	Erupción volcánica	En los primeros días de Marzo, se produjeron leves temblores y se escucharon explosiones en el Volcán San Cristóbal, cada tres minutos, el martes 9 del mismo mes, una fuerte explosión abrió un nuevo cráter. En esta erupción cayó arena sobre Chinandega, C	s.d.
113	NICARAGUA	19/09/1982	Huracán	El huracán Aletta, golpeó varias ciudades del centro y Pacífico del país. La carretera Panamericana fue cortada en varios puntos	63 muertos y US$60 millones.
114	NICARAGUA	20/10/1988	Huracán	Joan, fenómeno natural de características extraordinarias y adversas afectó las condiciones de vida y el desenvolvimiento económico en todo el país.	163 muertos y US$90 millones.
115	NICARAGUA	nd/04/1992	Erupción volcánica	Cerro Negro, reportada como la más violenta del volcán en tiempos recientes. Nubes de ceniza que alcanzaron los 7.5 km de altura.	US$19 millones
116	NICARAGUA	01/09/1992	Tsunami	Producido por un terremoto en la costa del Pacífico de Nicaragua, entre 7.2 y 7.8 grados el cual azotó gran parte de la costa.	179 muertos, más de 40 mil afectados y US$25 millones en pérdidas.
117	NICARAGUA	nd/nd/1994	Erupción volcánica	El 31 de julio el volcán realmente comenzó a tener manifestaciones eruptivas con emanaciones de cenizas y gases y el 12 de agosto ocurrió la explosión	s.d.
118	NICARAGUA	nd/nd/1995	Erupción volcánica	El día 24 de Mayo comenzó en el volcán Cerro Negro una erupción freatomagmática, diferente a la de 1992.	s.d.
119	NICARAGUA	27/07/1996	Huracán	César, fuertes vientos, elevadas precipitaciones y subsecuentes inundaciones originaron daños a la población, infraestructura social, económica y la producción.	9 fallecidos, 34 desaparecidos, 110,000 afectados y US$50 millones
120	NICARAGUA	27/09/1996	Deslizamiento	En la noche del 27 de Septiembre de 1996, después de fuertes lluvias, ocurrió un lahar (deslave) en la parte noreste del Volcán Maderas, en la isla de Ometepe, que destruyó el poblado El Corozal.	6 muertos, 36 casas destruidas, varias hectáreas de cultivos dañados
121	NICARAGUA	nd/nd/1998	Huracán	Mitch, severos daños en el área del Atlántico aunque también afectó otras áreas. La zona occidental del país (Chinadega) fue azotado durante varios días con intensas lluvias, debido a la baja velocidad con la que se movía el fenómeno.	3200 muertos y US$1,500 millones incluyendo el deslizamiento del volcán Casitas
122	NICARAGUA	30/10/1998	Deslizamiento	Gigantesco deslave de lodo en el flanco sur del volcán Casita.	1,680 fallecidos estimados.
123	NICARAGUA	17/12/1999	Deslizamiento	El 17 de Diciembre, el Comité de Emergencia de la Defensa Civil, confirmó un deslave que se produjo en las laderas del Volcán, manteniendo en estado de alarma a la población de la comunidad Villa 15 de Julio del municipio de Chinandega. El deslave se pro	s.d.
124	NICARAGUA	nd/nd/1999	Tormenta tropical	Provocó inundaciones en Chinandega, Carazo y Managua.	11 muertos, 107 105 afectados y $0.5 millones en pérdidas

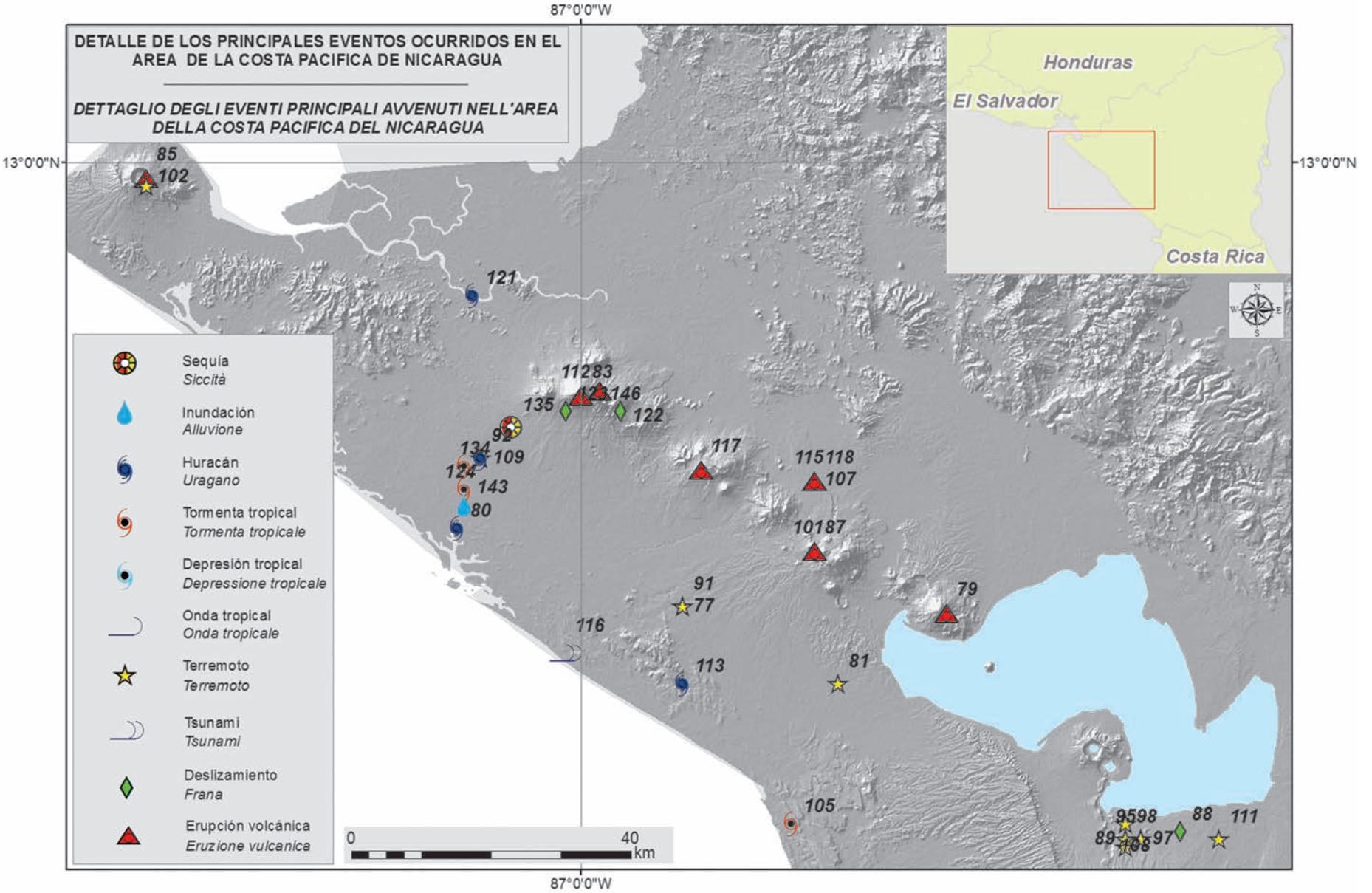
Evento No	PAIS	FECHA	EVENTO	DESCRIPCIÓN	PÉRDIDAS
125	NICARAGUA	ND	Deslizamiento	Deslizamiento ocurrido en Jinotega, comarca Kininuwas	s.d.
126	NICARAGUA	ND	Deslizamiento	Deslizamiento en Matagalpa, San Pedro	s.d.
127	NICARAGUA	ND	Deslizamiento	Deslizamiento ocurrido en Chontales, Santo Domingo	s.d.
128	NICARAGUA	ND	Deslizamiento	Deslizamiento en Matagalpa, Tuma - La Dalia	s.d.
129	NICARAGUA	ND	Deslizamiento	Deslizamiento en Matagalpa, San Pedro	s.d.
130	NICARAGUA	ND	Deslizamiento	Deslizamiento Matagalpa, Puntas Arenas	s.d.
131	NICARAGUA	ND	Deslizamiento	Deslizamiento en Boaco, Cerro El Cuero	s.d.
132	NICARAGUA	ND	Deslizamiento	Deslizamiento en Jinotega, El Aserrio, Santa María de Fantasma	s.d.
133	NICARAGUA	06/07/2000	Terremoto	En Laguna de Apoyo Municipio de Masaya, magnitud 5.4	7 muertos y 4,032 viviendas afectadas.
134	NICARAGUA	nd/nd/2000	Tormenta tropical	Tormenta tropical Keith, afectó las ciudades de León, Chinandega y Managua,	1 muerto, 2300 afectados, $ 1 millón de dólares en daños
135	NICARAGUA	2000 y 2001	Sequía	Principalmente en zonas de Occidente y Norte del país.	s.d.
136	NICARAGUA	nd/nd/2001	Tormenta tropical	Michelle, ocasiona inundaciones afectando Puerto Cabezas, Rosita y Waspam.	4 muertos, 12 desaparecidos y 11,704 personas afectadas.
137	NICARAGUA	nd/nd/2002	Onda tropical	No 8, afecta todo el país.	1,750 familias afectadas y US$11.1 millones en daños.
138	NICARAGUA	nd/nd/2005	Huracán	Del 27 al 31 de octubre del 2005, Nicaragua fue afectada de manera directa por el Huracán Beta.	s.d.
139	NICARAGUA	nd/nd/2005	Huracán	Huracán Beta, del 27 al 31 de octubre de 2005, afectó todo el territorio	s.d.
140	NICARAGUA	nd/nd/2005	Tormenta tropical	En los primeros días de Octubre del 2005, la tormenta tropical Stan tocó tierra en Nicaragua. Esta afectó a los departamentos de León, Chinandega, Managua, Granada y Matagalpa.	64 viviendas destruidas, 3 muertos, 2470 personas afectadas
141	NICARAGUA	nd/nd/2007	Huracán	El huracán Félix, en Septiembre de 2007, de categoría 5, afectó severamente la zona Atlántica de Nicaragua. En territorio nicaraguense, afectó primeramente a los Cayos Miskitos (islas frente a la RAAN causando los primeros muertos) y después a la ciudad	7895 viviendas destruidas, 20 mil personas quedaron sin hogar, 159 muertos.
142	NICARAGUA	16/06/2009	Deslizamiento	Ocurrido en la Isla de Ometepe,municipio de Moyogalpa, daños a carretera.	s.d.
143	NICARAGUA	nd/nd/2010	Inundaciones	Debido a lluvias intensas e inusuales (las primeras de la temporada lluviosa) fueron causadas inundaciones en León, Chinandega y Managua,	4860 personas afectadas
144	NICARAGUA	nd/nd/2010	Tormenta tropical	La tormenta tropical Mathew, afectó severamente el territorio nicaraguense	6511 personas evacuadas, $10.2 millones de dólares en daños
145	NICARAGUA	nd/nd/2010	Tormenta Tropical	Tormenta Tropical Mathew, afecto todo el territorio Nacional	s.d.
146	NICARAGUA	09/8/12	Erupción volcánica	Erupción Volcán San Cristóbal	3000 personas evacuadas

Cuadro 17 - Principales eventos ocurridos en Nicaragua


MAPA DE LOS PRINCIPALES EVENTOS OCURRIDOS EN NICARAGUA (1528 - 2012)
CARTA DEGLI EVENTI PRINCIPALI IN NICARAGUA (1528 - 2012)
Sequía
Siccità
Inundación
Alluvione
Huracán
Uragano
Tormenta tropical
Tormenta tropicale
Depresión tropical
Depressione tropicale
Onda tropical
Onda tropicale
Terremoto
Terremoto
Tsunami
Tsunami
Deslizamiento
Frana
Erupción volcánica
Eruzione vulcanica
0
200
km
89°0'0"W
88°0'0"W
87°0'0"W
86°0'0"W
85°0'0"W
84°0'0"W
83°0'0"W
15°0'0"N
14°0'0"N
13°0'0"N
12°0'0"N
11°0'0"N

Mapa 8.IIIa

Mapa 8.IIIb


DETALLE DE LOS PRINCIPALES EVENTOS OCURRIDOS EN EL AREA DE LA COSTA PACIFICA DE NICARAGUA
DETTAGLIO DEGLI EVENTI PRINCIPALI AVVENUTI NELL'AREA DELLA COSTA PACIFICA DEL NICARAGUA
87°0'0"W
13°0'0"N
Honduras
El Salvador
Costa Rica
Sequía
Siccità
Inundación
Alluvione
Huracán
Uragano
Tormenta tropical
Tormenta tropicale
Depresión tropical
Depressione tropicale
Onda tropical
Onda tropicale
Terremoto
Terremoto
Tsunami
Tsunami
Deslizamiento
Frana
Erupción volcánica
Eruzione vulcanica
0
40
km

Capítulo 9

ALGUNAS APLICACIONES DE INVESTIGACIÓN EN ÁREAS DE RIESGO

ALCUNE APPLICAZIONI DI RICERCA IN AREE DI RISCHIO

9.1
USAC

AXEL ESTUARDO VELÁSQUEZ RAYO
Arquitecto
Guatemala

Premisas de diseño en seguridad al riesgo a desastres, aplicados al proceso de la enseñanza en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

GAMALIEL ALEXANDER MARTÍNEZ MARROQUÍN
Ingeniero Agrónomo
Guatemala

Propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola para reducir deslizamientos en el municipio de San Marcos La Laguna, Sololá, Guatemala.

HARDANY EZEQUIEL NAVARRO MIRANDA
Arquitecto
Guatemala

Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante la amenaza sísmica de los edificios del Centro Histórico de la Ciudad de Guatemala.

HÉCTOR ROLANDO MONTALVO
Arquitecto
Guatemala

Estudio hidrológico para elaborar mapas de amenaza por inundación en San Antonio Palopó, Sololá, Guatemala.

JACQUELINE MORALES SAMAYOA
Arquitecta
Guatemala

Amenazas naturales en la Cuenca Alto-Guacalate y análisis de la vulnerabilidad del Hospital Nacional de Antigua Guatemala para la propuesta en un plan de gestión en la reducción del riesgo a desastres.

JUAN ANTONIO CERRITOS ORELLANA
Filósofo y Pedagógo,
Guatemala

Análisis y propuesta de criterios seguros y resilientes para la ciudad de Puerto Barrios, Izabal, ante el peligro sísmico por las condiciones de su desarrollo urbano actual.

MAX ADALBERTO HERNÁNDEZ RIVERA
Ingeniero Civil
El Salvador

Modelación de las inundaciones en la Cuenca Baja Binacional Río Paz, El Salvador y Guatemala.

MELISSA ÁLVAREZ BARRIENTOS
Arquitecta
Guatemala

Propuesta de ordenamiento territorial de acuerdo con el análisis de riesgo por deslizamientos en el municipio de Santa Catarina Palopó, departamento de Sololá, Guatemala.

MÓNICA GABRIELA CUETO LÓPEZ
Ingeniera Civil
Guatemala

Propuesta de sistema de alerta temprana ante inundaciones para el Zanjón el Cable y Río Michatoya en el municipio de Amatitlán, Guatemala.

RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMÚDEZ
Ingeniero Civil
El Salvador

Evaluación del riesgo ocasionado por el volcán de Santa Ana en la comunidad San Blas en el departamento de Santa Ana, municipio de Santa Ana, El Salvador.

Premisas de diseño en seguridad al riesgo a desastres, aplicados al proceso de la enseñanza en la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala



AXEL ESTUARDO VELASQUEZ RAYO
Arquitecto
Guatemala

La Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos, a través de la Maestría en Gestión del Riesgo a Desastres, plantea la necesidad de incorporar el tema dentro del programa académico del curso de Diseño Arquitectónico 7 y cursos teóricos afines al medio ambiente. Guatemala es un país con multi-amenazas, lo cual obliga a la comunidad científica y autoridades académicas a ser responsables con la formación de futuros profesionales haciendo frente a las necesidades de actualización al momento de diseñar elementos arquitectónicos adecuados a las condiciones del lugar y no representen un riesgo para los futuros usuarios, debiendo incorporar las políticas nacionales e internacionales de prevención y mitigación de desastres. El profesional egresado de la Facultad de Arquitectura, debe tener la visión de construir a futuro y ello implica actualización de bases científicas y metodologías validadas en acciones concretas. El propósito de este documento es ofrecer una guía metodológica y conceptual dirigida a mejorar el conocimiento de los estudiantes de Arquitectura en materia de prevención al riesgo de desastres. Esta interacción entre el usuario y el espacio habitacional como una respuesta de diseño debe ser funcional, formal y brindar seguridad, reduciendo el riesgo a eventos naturales y antrópicos.



Ciudad Universitaria
USAC

Propuesta de ordenamiento de las áreas de producción agrícola, para reducir deslizamientos en el municipio de San Marcos La Laguna, Sololá.

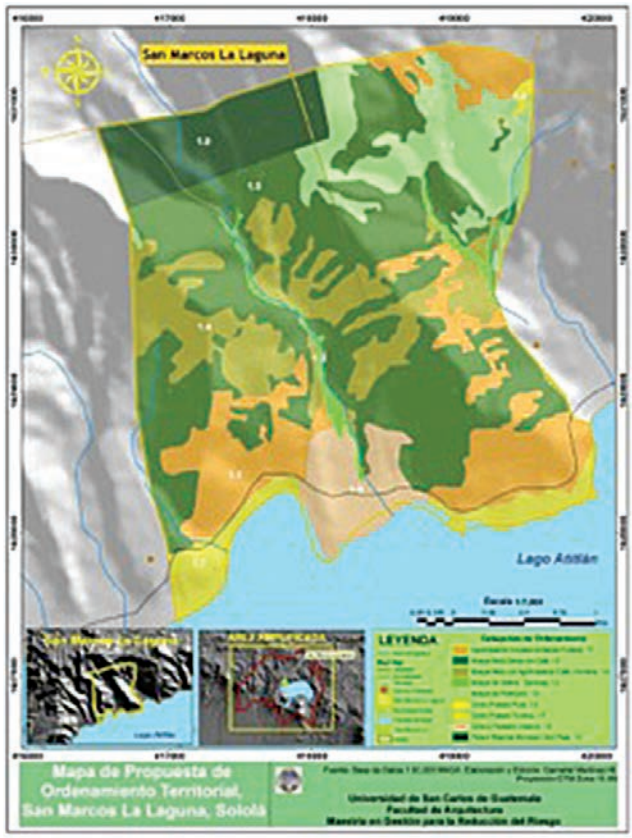


GAMALIEL ALEXANDER MARTÍNEZ MARROQUÍN
Ingeniero Agrónomo
Guatemala

Este estudio planteó la realización de una propuesta de ordenamiento territorial como instrumento de planificación del uso de la tierra según su vocación utilizando las metodologías del Departamento de Agricultura de los Estados Unidos -USDA- y la de Mora-Varson para estimar las zonas de susceptibilidad a deslizamientos.

Lo anterior permitió generar la propuesta con el propósito de crear nuevas ventajas comparativas y competitivas dentro del contexto de sostenibilidad ambiental y buscar alternativas de aprovechamiento considerando las condiciones económicas y sociales para orientar la selección y adopción de las mejores opciones.

El documento también presenta propuestas de proyectos y programas como estrategias de conservación del suelo para evitar deslizamientos, lo cual contribuirá al mejoramiento del bienestar de la población de San Marcos la Laguna.



Mapa de propuesta de ordenamiento territorial de San Marcos La Laguna.



Evaluación de la vulnerabilidad estructural ante la amenaza sísmica de los edificios del Centro Histórico de la Ciudad de Quetzaltenango

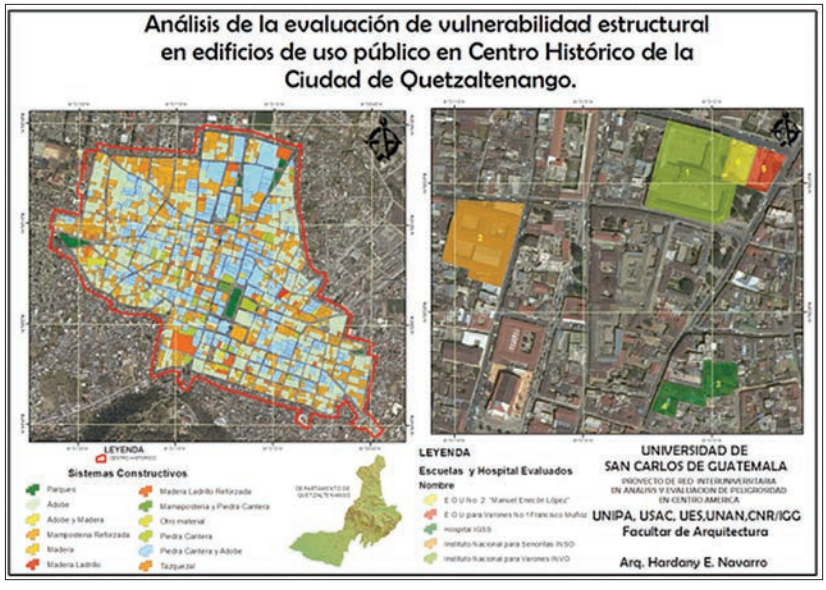


HARDANY EZEQUIEL NAVARRO MIRANDA
Arquitecto
Guatemala

Los diferentes resultados negativos a causa de la ocurrencia de fenómenos naturales, geológicos e hidrometereológicos, como huracanes, terremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos y más reciente la sequía son eventos de impacto directo a la sociedad guatemalteca, afectando directamente la calidad de vida de las personas. La actividad sísmica que afecta al territorio nacional se debe a su ubicación geográfica, esto hace de la región centroamericana zona históricamente afectada por terremotos que han afectado a los diferentes países expuestos a tal amenaza.

La actividad sísmica que afecta la región centroamericana y específicamente el territorio Guatemalteco se origina debido a la interacción de tres placas del sistema tectónico global, la proximidad a la zona de subducción, y puntualmente la existencia del sistema de fallas locales, principales Motagua, Polochic y Jalpatagua y el arco volcánico, evidencia la vulnerabilidad estructura, en el territorio nacional.

La propuesta de investigación de la vulnerabilidad estructural sísmica de los edificios del Centro Histórico de la Ciudad de Quetzaltenango de propone como una herramienta en la toma de decisiones por autoridades y sociedad, partiendo de la información obtenida se implementen medidas de prevención y mitigación para reducir el riesgo sísmico. Además la implementación de las medidas que estén encaminadas a proteger las obras esenciales del departamento de Quetzaltenango y que se garantice a la población que dichas obras permanecerán prestando el servicio posteriormente a un evento de gran magnitud.



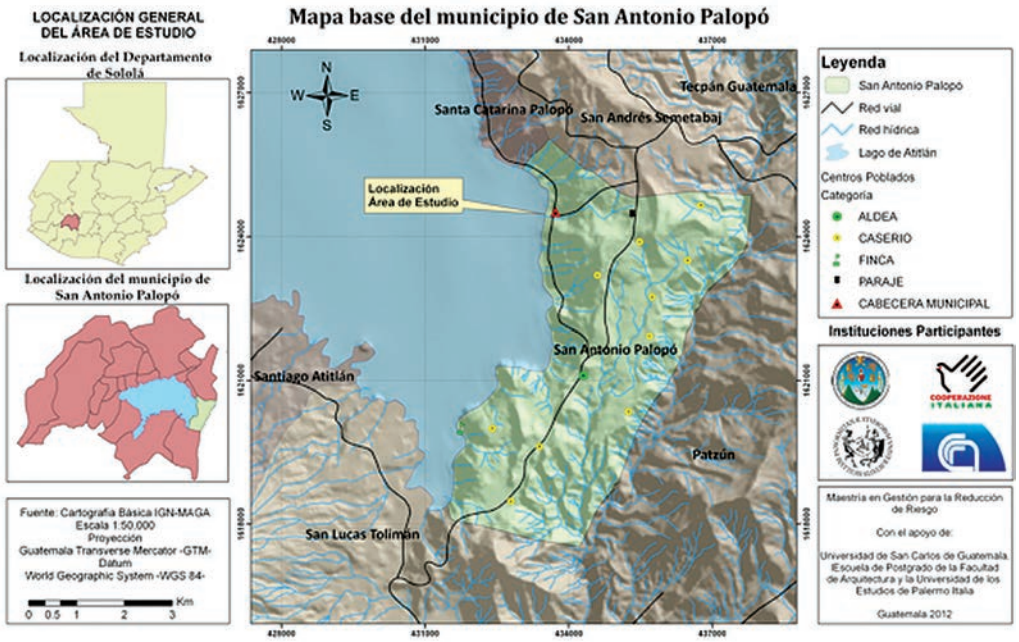
La metodología de cálculo de pérdidas es probabilística e incluye las incertidumbres provenientes tanto de la actividad sísmica, como de las relaciones de atenuación y del comportamiento estructural. Los resultados esperados se basan en tres sismos esperados en distintos en 3 horarios diferentes

Estudio hidrológico para elaborar mapas de amenaza por inundación en San Antonio Palopó, Sololá, Guatemala.



HÉCTOR ROLANDO MONTALVO
Arquitecto
Guatemala

Este estudio pretende dotar a la población y a las autoridades de una herramienta que contenga el estudio hidrológico con la distribución espacial y temporal, las propiedades del agua y el impacto que genera en su suelo, con la representación cartográfica de la distribución espacial de los tipos y efectos que puede causar un evento adverso, de una intensidad definida, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto en el municipio de San Antonio Palopó, que ya ha sufrido con anterioridad sucesos de deslizamientos e inundaciones en las áreas cercanas a los cauces. Las zonas que frecuentemente son afectadas por inundaciones, deslizamientos y desprendimientos, son las cercanas a las quebradas, donde existen numerosas viviendas tanto en las zonas limítrofes, como dentro de las mismas quebradas. La cabecera municipal se encuentra hacinada entre peñascos y quebradas al norte y el lago bañándolo en el sur, ubicada sobre laderas de pendientes de más de 25º, se trata de cauces fluviales de carácter estacional, formados por pequeñas cuencas, con un alto desnivel, por lo que el tiempo de concentración es muy pequeño, lo que provoca una muy alta velocidad del flujo, el arranque y arrastre de grandes fragmentos de roca, causando graves daños en la parte baja de la cuenca, hasta donde son depositados. Las elevadas precipitaciones ocurridas durante el paso de la tormenta tropical Agatha el 29 y 30 de mayo del año 2010, aceleraron los deslizamientos en la zona, ya que al saturarse de agua el terreno, aumenta de manera considerable su peso y, a la vez, disminuye la fricción interna de de los materiales y su capacidad portante.



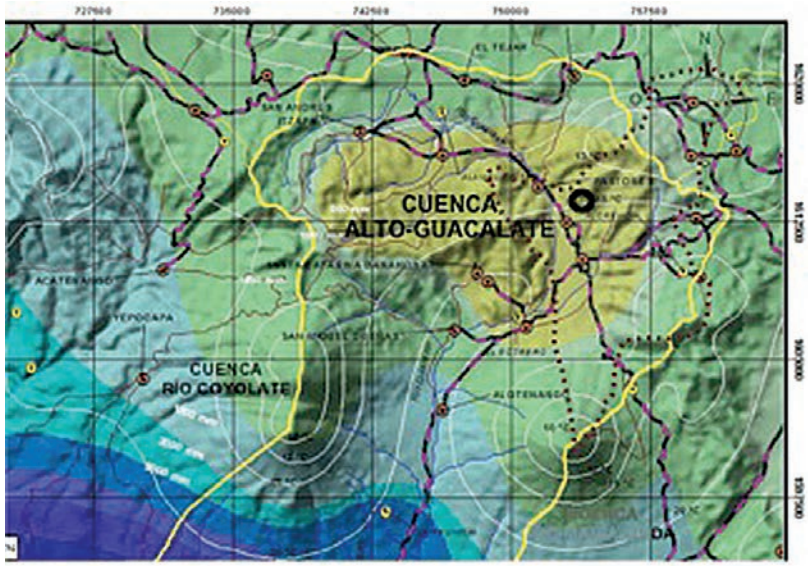
Amenazas naturales en la cuenca alto-Guacalate y análisis de la vulnerabilidad del Hospital Nacional de Antigua Guatemala para la propuesta de un plan de gestión en la reducción del riesgo a desastres



JACQUELINE MORALES SAMAYOA
Arquitecta
Gatemala

La primera fase consiste en utilizar la cuenca Alto Guacalate como unidad geográfica para identificar las amenazas naturales prioritarias a nivel macro por medio de un dictamen cualitativo de la calidad, utilizada así por ser un escenario heterogéneo donde se vincula la naturaleza, el desarrollo, el poder local, la comunidad habitacional y los servicios y nivel de la vulnerabilidad con la participación de diversos actores, se consideró estimar el período de retorno de los eventos detectados, para ello se trabajo con los cuadros de eventos suscitados en un rango de varios siglos y se estableció el porcentaje de población vulnerable a ser afectada.

En la segunda fase el enfoque es a nivel micro, identificando las vulnerabilidades en el emplazamiento del sitio del hospital nacional, ubicado en la aldea San Felipe de Jesús, del municipio de Antigua Guatemala localizado en la cuenca; y posteriormente luego de establecer las vulnerabilidades externas, se realiza el análisis de vulnerabilidades internas utilizando la herramienta promovida por la Organización Panamericana de la Salud (OPS) apoyada por el programa para la reducción del riesgo DIPECHO VII de la Unión Europea, conocida como ”Indice de Vulnerabilidad Hospitalaria” (ISH) la cual involucra tres componentes el organizativo funcional, el estructural y el no estructural; los cuales se evalúan por medio de un check list, luego de recorrer el edificio y de realizar el diagnóstico, se ingresan los datos a un modelo matemático que proporciona resultados en porcentajes, el cual da como resultado el componente con mayor deficiencia, en este caso el más vulnerable, es el componente organizativo-funcional.



La tercera fase fortalece la operación y capacidad de respuesta instalada del hospital, brindando servicios organizados y eficientes, cuando se genera un evento extremo, mediante un plan hospitalario de gestión de reducción del riesgo (PHRR), el cual se estructura mediante una serie de procedimientos que deben de involucrarse, para el manejo de víctimas, con el objetivo de atender al mayor número de víctimas en menor tiempo, y con ello tener un mayor porcentaje en salvar vidas.

Análisis y propuesta de criterios seguros y resilientes para la ciudad de Puerto Barrios, Izabal, ante el peligro sísmico, por las condiciones de su desarrollo urbano actual



JUAN ANTONIO CERRITOS ORELLANA
Filósofo y Pedagógo
Guatemala

Puerto Barrios está localizada en la Bahía de Amatique, donde la geología del área es altamente diversificada debido a la influencia de las Placas Tectónicas del Caribe y la de Norte América, en Guatemala los terremotos de este tipo se producen principalmente a lo largo de las fallas asociadas con el límite interplaca como el caso del sistema de fallas Polochic-Motagua, en donde existe la probabilidad de que en Puerto Barrios se produzcan terremotos de este tipo y, ejemplo de ello son los terremotos de 1976, 1980 y los que se dieron cerca de Puerto Barrios en 1999 y en Chimaltenango en 1773.

Con este estudio se podrá aportar a la ciudad de Puerto Barrios, Izabal, criterios y propuestas técnicas de cómo orientar el desarrollo territorial, mediante lineamientos y/o criterios que pueden ser utilizados por las autoridades municipales para el ordenamiento territorial, zonificación de áreas y condiciones de seguridad de áreas físicas., lo cual les permitirá orientar las inversiones seguras y la preservación de la vida de los habitantes del casco urbano de Puerto Barrios

Adicionalmente el estudio vendrá a apoyar al municipio en la cuantificación y cualificación del nivel de riesgo, es decir, estimará qué probabilidades de pérdidas, daños, presenta la población ante el peligro sísmico, principalmente en las áreas de mayor densidad poblacional, industrial o comercial, así mismo permitirá generar instrumentos prácticos de evaluación de la amenaza sísmica y de los efectos que ésta provocaría como detonante de otros eventos secundarios.

Apoyará al municipio en términos económicos, ya que permitirá conocer aquellos probables escenarios de riesgo si se presentase la amenaza sísmica en el territorio, ya que el municipio es una zona portuaria que genera grandes ingresos financieros al país.



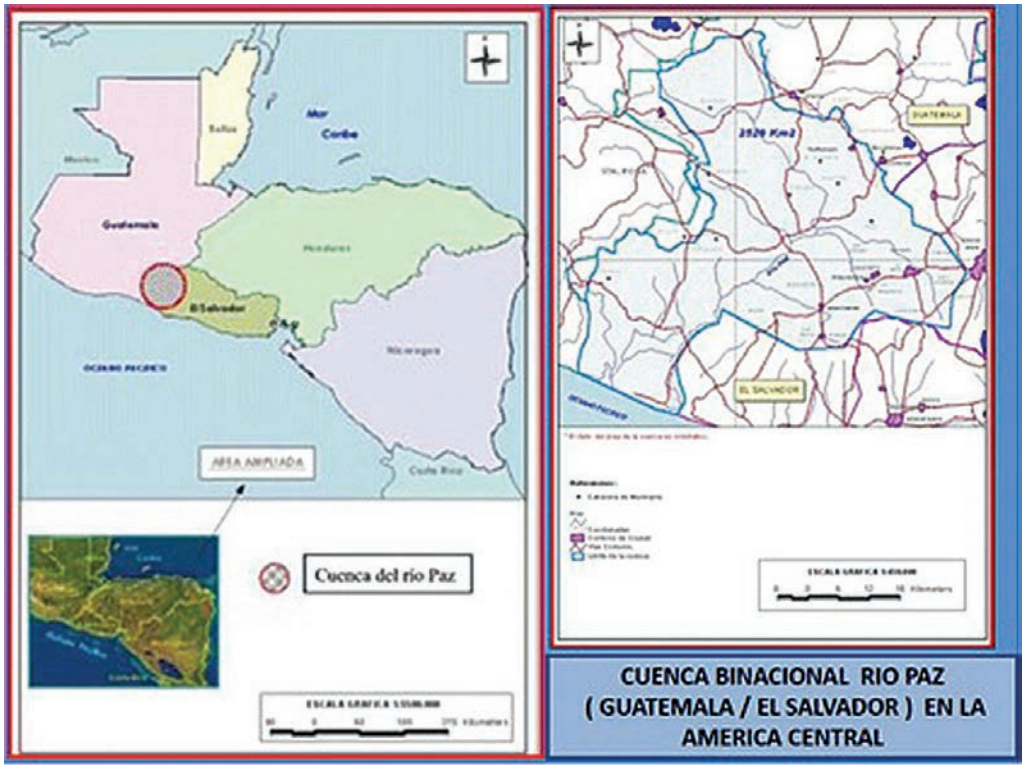
Traza urbana de la ciudad de Puerto Barrios, Izabal.

Modelación de las inundaciones en la cuenca baja binacional Río Paz, El Salvador y Guatemala



MAX ADALBERTO HERNÁNDEZ RIVERA
Ingeniero Civil
El Salvador

Como contribución a la Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centroamérica, UNIPA / USAC / UES / UNAN / CNER/IGG, para el fortalecimiento de formación de profesionales en el manejo de información sobre amenazas y riesgos en el nivel local, el presente estudio se enmarca en la elaboración de un proyecto de inundaciones en la Cuenca Baja del Río Paz, República de El Salvador con el cual se pretende identificar la vulnerabilidad de los elementos físicos, estructurales, sociales y económicos en una comunidad dada ante una amenaza natural (en este caso del tipo inundaciones); y en la elaboración del inventario de dichos elementos. La correcta cuantificación de los indicadores de vulnerabilidad local conjuntamente con un conocimiento preciso acerca de los peligros naturales permite a los gobiernos locales conducir adecuadas políticas para la planificación del desarrollo urbano y del ordenamiento territorial, en el caso de El Salvador , el pasado 11 de marzo se aprobó la Ley de Ordenamiento Territorial por la Asamblea Legislativa, la misma entrará en vigencia un ano después de su publicación en el Diario Oficial , así también el establecer regulaciones para un correcto uso del suelo en áreas de riesgo y orientar los planes de prevención y mitigación de desastres naturales hacia las comunidades donde más urgente resulte su implementación, entre otras.



Propuesta de ordenamiento territorial de acuerdo con el análisis de riesgo por deslizamientos, en el municipio de Santa Catarina Palopó, departamento de Sololá



MELISSA ALVAREZ BARRIENTOS
Arquitecta
Guatemala

Análisis de los diversos componentes y factores que interaccionan en el municipio, que permitió la generación de una propuesta que busca propiciar el desarrollo sostenible y sustentable del área, así como la factibilidad de aplicación para un mejor aprovechamiento de la tierra, enfocándose en mejorar la calidad de vida de los pobladores a través de la conservación y valorización de los servicios y bienes ambientales.



Para la formulación de la propuesta, fue necesaria la elaboración de un documento que sirva como instrumento y guía para identificar la vulnerabilidad actual ante deslizamientos existente en el área del municipio de Santa Catarina Palopó, para ello se utilizó un proceso metodológico en base al análisis e interpretación, que permitió proponer acciones a realizar para reducir la vulnerabilidad ante dicha amenaza.

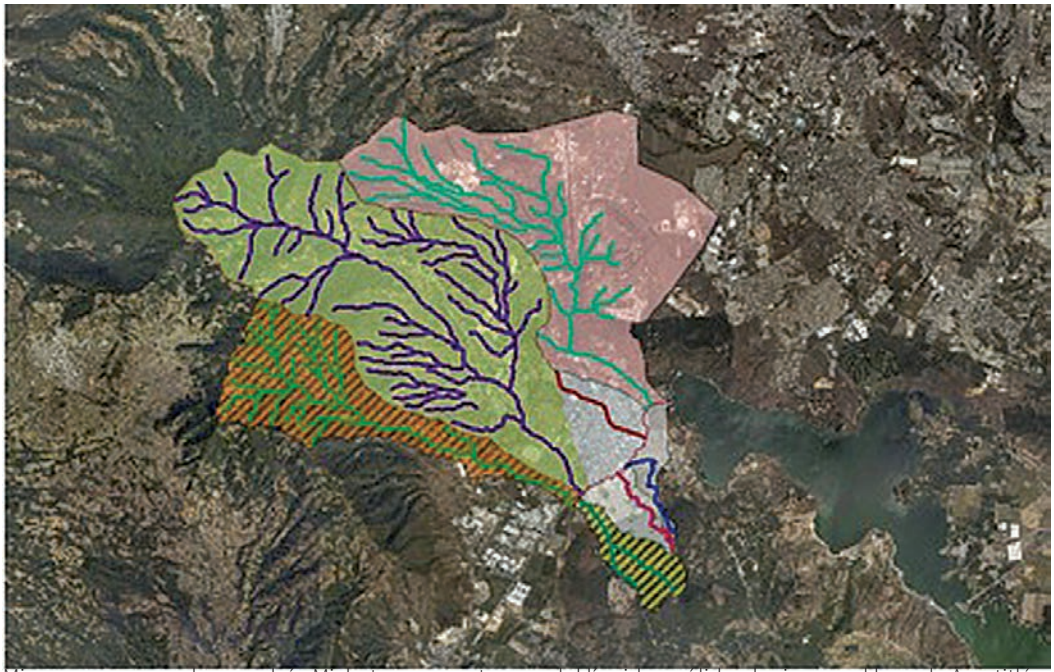


Propuesta de sistema de alerta temprana ante inundaciones para el Zanjón El Cable y Río Michatoya, en el municipio de Amatitlán, Guatemala



MÓNICA GABRIELA CUETO LÓPEZ
Ingeniera Civil
Guatemala

La cuenca del río Michatoya se encuentra ubicada aguas abajo del Lago de Amatitlán y principales quebradas de época lluviosa son las llamadas El Cable, El Mico y Agua de la Mina, que tienen un régimen extremadamente torrencial. En años de alta pluviometría, estas quebradas generan caudales bastante grandes, tales como Zanjón El Cable (12 m^3/s) y El Mico (20 m^3/s) (INDE, 2011). Estos caudales han provocado problemas de inundación en la población de Amatitlán, en particular por lo corto del tiempo de concentración de las cuencas y por la naturaleza geomorfológica de la superficie de drenaje (Muñóz, 1978). El río Michatoya ha sido convertido en un canal con una capacidad limitada de transporte de sedimentos y caudal líquido, además su zona de inundación ha sido ocupada por viviendas, lo que empeora la relación río-habitantes. Dentro de las conclusiones obtenidas de la investigación, se tiene que determinada el área susceptible a inundaciones, servirá para operativizar la alerta durante la época lluviosa; identificadas las zonas críticas, se puede organizar a la población para reducir la vulnerabilidad de la población; servirá como insumo a las autoridades locales en la toma de decisiones y deberá ser incluido en el plan de ordenamiento territorial y las autoridades de las distintas instituciones involucradas podrán hacer uso de las bases de datos creadas



Microcuencas que drenan al río Michatoya y aportan caudal líquido y sólido al mismo y al lago de Amatitlán.
Fuente: Orthofotos del IGN, 2006

Evaluación del riesgo ocasionado por el volcán de Santa Ana en la comunidad San Blas en el departamento de Santa Ana, municipio de Santa Ana, El Salvador.



RAÚL ERNESTO MARTÍNEZ BERMUDEZ
Ingeniero Civil
El Salvador

La incidencia de fenómenos naturales en El Salvador ha aumentado en los últimos años debido a la combinación de diversos factores entre los que podemos mencionar el incremento de eventos atmosféricos de mayor intensidad como tormentas y últimamente los sismos, peligros accionados por los volcanes todo esto relacionado con la variable de densidad demográfica y falta de planificación de ciudades; como los más frecuentes. El Salvador es tierra de volcanes. Desde tiempos históricos las zonas volcánicas han sido pobladas para el aprovechamiento de recursos naturales, ya que constituyen excelentes zonas agrícolas, tanto por la riqueza mineral de los materiales volcánicos, como por ser excelentes zonas de recarga de acuíferos. Pero los volcanes son también la mejor prueba de que el planeta es dinámico y las erupciones pueden constituir una amenaza para la población. En el trabajo se va a realizar una evaluación del riesgo ocasionado por el volcán de Santa Ana en la comunidad San Blas en el departamento de Santa Ana, municipio de Santa Ana. Se hace indispensable la realización de trabajos tendientes al estudio de la gestión del riesgo como un sistema, que evidencie con mayor precisión la interacción y correlación de las relaciones del hombre con el medioambiente, así como su utilidad en el establecimiento de políticas públicas en torno al tema. Hasta la fecha, se cuenta con trabajos escasos de este tipo. Sin embargo, se tiene como referencia los estudios realizados en el campo de las ciencias de la tierra, sismología, geofísica, vulcanología; El trabajo ha sido preparado con la finalidad de informar a la población de San Blas del riesgo que presenta el volcán de Santa Ana, así como para que las instituciones encargadas de la protección civil, hagan uso de los mismos y puedan preparar sus planes de emergencia y/o evacuación en caso de presentarse una erupción.



9.2
UES

ABEL ARGUETA/ ALEXANDER VALLE Ingeniero Agrónomo/ Ingeniero Agrónomo El Salvador	Determinación del crecimiento de Cárcavas en el municipio de San Martín, San Salvador.
ANFER ABEL LÓPEZ/ JUAN RAMÓN GARCÍA Geógrafo/ Ingeniero Civil Nicaragua	Evaluación del riesgo por deslizamiento de laderas e inundaciones en el municipio de la Concordia, Jinotega, Nicaragua, 2011.
CECILIA CAROLINA POLÍO LÓPEZ Ingeniera Civil El Salvador	Evaluación del alcance de la amenaza por caída de balísticos desde los flancos norte y noreste del volcán San Miguel.
DIANA KAREM OSORIO CONLLEDO Arquitecta Guatemala	Sistematización de metodologías para SIG, análisis de movimientos en laderas, Centro América 2011.
JOSÉ EFRAÍN BENÍTEZ Licenciado en Física El Salvador	Identificación de estructuras geológicas utilizando la técnica de potencial espontáneo (SP) en el Cerro San Jacinto, San Salvador.
DAVID ELISEO MARTÍNEZ CASTELLANOS Ingeniero Ciencias de la Computación El Salvador	Diseño de un sistema para la gestión y comunicación de información sobre la situación de las amenazas naturales en el Salvador.
EVELIA DEL CARMEN MARTÍNEZ QUIJANO Ingeniera Agrónoma El Salvador	Modelación hidrológica de la microcuenca Chanmico y el análisis del problema de inundaciones en comunidades chanmico, ciudad Versailles y el Cambio del municipio de San Juan Opicio del departamento de La Libertad.
MARTA GRISELDA MARROQUÍN PARADA Sismóloga El Salvador	Caracterización de las zonas sísmicas en el graben central de El Salvador.
IVONNE GUADALUPE LÓPEZ Ingeniera Agrónomo El Salvador	Identificación de amenazas naturales en las comunidades “Las Contreras 1 y 2” zona 8, municipio de Soyapango.
LIDAMAR EUGENIA CARDONA HERNÁNDEZ Ingeniera Agrónomo Guatemala	Evaluación participativa de riesgo por deslizamiento en el casco urbano de San Lucas Tolimán, Sololá, Guatemala.
OSCAR JOAQUÍN ORTIZ MONTANO Ingeniero Agrónomo El Salvador	Evaluación de riesgos por inundaciones en la subcuenca el Tunco, municipio de Tamanique, La Libertad.
MARGARITA ORELLANA/IVY DE ROMERO Arquitecta/ Ingeniera en Sistemas Informáticos El Salvador	Propuesta de zona de protección y zonificación de la zona de protección para un tramo del cauce natural urbano, quebrada Las Lajas.
CARLOS RENÁN FUNES GUADRÓN Licenciado en Química El Salvador	Evaluación geoquímica de la falla activa El Salvador al norte del Volcán San Vicente.
RODOLFO ANTONIO OLMOS GUEVARA Licenciado en Física El Salvador	Distrubución espacial de flujo de dióxido de carbono (CO_2) y sulfuro de hodrógeno (H_2S) en el cráter del Volcán San Miguel, El Salvador.
ROSA MARGARITA OCHOA Ingeniera Industrial El Salvador	Propuesta de prevención y mitigación de riesgos físicos, con la participación de las comunidades del Guaje, San Rafael, Díaz y Vásquez de la zona 10 en el cerro San Jacinto en Soyapango.

Determinación del crecimiento de cárcavas en el municipio de San Martín, San Salvador



ABEL ALEXEI ARGUETA PLATERO
Ingeniero Agrónomo
El Salvador



ALEXANDER ALFREDO VALLE AGUIRRE
Ingeniero Agrónomo
El Salvador

La Cárcava en la Cabecera-Arenal El Progreso se ubica en el área urbana del municipio de San Martín, Departamento de San Salvador. Sus colonias colindantes son: al Norte con la comunidad Los Llanitos, al Sur con colonia Rosalinda y el Casco Urbano, al Este con la colonia Santa María y al Oeste con la colonia Proyecto Santa Teresa. La Cárcava en la Cabecera-Arenal El Progreso, vio agudizada la pérdida de suelo en los últimos 10 años por la ocurrencia de eventos extremos como sistemas de baja presión, tormentas tropicales, terremotos que aunados a la existencia de una tubería de aguas grises que desemboca en la quebrada y el uso de la misma como botadero u escombrera han ocasionado erosión y deslizamientos significativos. Desde el 2005 hasta la fecha las precipitaciones promedio anuales han superado los rangos históricos desde un 2 hasta un 41.63% y registrado 7 eventos meteorológicos extremos. Utilizando como herramienta el método de teledetección y apoyados en una imagen Quickbird de resolución espacial de 0.65 metros, y cuatro imágenes gratuitas de Google Earth con un periodo de 2 años desde 2005 hasta 2011, y utilizando en paquete informático Erdas Imagine 2011, se han logrado establecer 4 clases: suelo desnudo, vegetación, suelo urbano y vegetación gramínea.

Dentro de los resultados obtenidos se encuentra una estandarización de tratamiento de imágenes para obtención del área de la cárcava la cual experimenta una tasa promedio de 2,832.71 m^2, pasando de un área inicial de 21,404.81 m^2 en 2005 a 38,401.08 en 2011. Es necesario aclarar que en la estimación de estas áreas se debe eliminar las fuentes de error con visitas de campo y que el análisis incluye además del crecimiento de cárcava zonas deforestadas que contribuyen al crecimiento de escorrentía y pérdida de suelo.

Si la cárcava mantiene una tendencia similar a la que ha presentado esta podría incrementar severamente su tamaño mientras el suelo se estabiliza, aunque este crecimiento puede verse acelerado con la ocurrencia de eventos extremos individuales o la combinación de éstos, poniendo en riesgo a un mayor número de familias que habitan en sus alrededores.

Evaluación del riesgo por deslizamiento de laderas e inundaciones en el municipio de La Concordia, Jinotega, Nicaragua, 2011

ANFER ABEL LÓPEZ/ JUAN RAMÓN GARCÍA
Geógrafo/ Ingeniero Civil
Nicaragua

La elaboración del presente documento se ha originado por la intención de dar repuesta a la situación de riesgo natural del municipio La Concordia, departamento de Jinotega, Nicaragua, dada por la exposición de la población e infraestructura, a deslizamientos en las partes altas delineadas con fuertes pendientes e inundaciones en las zona media y baja de dicho territorio y las diferentes áreas agrícolas.

De conformidad al inventario de peligros en el municipio, se logró determinar eventualidades vinculadas a deslizamiento e inundación, por antecedentes que hacen referencia a la vulnerabilidad de La Concordia, la administración pública municipal tiene conocimiento que unas 23 comunidades están bajo amenaza.

El objetivo de este estudio es indicar cuáles son los puntos críticos susceptibles a deslizamiento e inundación, como resultado de la elaboración de mapas de peligrosidad que indiquen ambos riegos. Para la elaboración de los mapas de peligrosidades naturales, se definieron métodos en los que se denotó la información que se requiere a manera de capas para que la información que estos provean sean datos confiables y posibles de corroborar con la visualización en campo.

Se determinaron puntos críticos, asignando la denominación de graves, a los que tienen importante número de personas expuestas en cercana relación con alta probabilidad de ocurrencia de los fenómenos mencionados.

Se encontraron 11 comunidades del municipio La Concordia expuestas a riesgo de inundación; entre ellas están 50 viviendas, una escuela primaria, 9 puntos de camino y vías de acceso vehiculares y peatonales, incluyendo 2 obras hidráulicas y cultivos en el área. En cuanto a deslizamiento, existen cinco comunidades expuestas entre ellas ocho viviendas, sumándose a estas toda la comunidad de Campo Azul, las áreas de cultivo, la red de distribución de agua potable, red de la energía eléctrica y las vías de acceso por la caída de bloques.

Esta información proveniente de los mapas, se indica nombrando y enumerando el punto considerado crítico, dando las coordenadas, ubicación geográfica, tipo de amenaza, un análisis del riesgo, elementos expuestos, grado de susceptibilidad, condicionantes de la amenaza, disparadores de la amenaza, intensidad, nivel de amenaza, medidas de prevención y mitigación a nivel general.



Comunidad Las Quebradas localizada al oeste de La Concordia.

Evaluación del alcance de la amenaza por caída de balísticos desde los flancos norte y noreste del Volcán de San Miguel



CECILIA CAROLINA POLÍO LÓPEZ
Ingeniera Civil
El Salvador

El volcán de San Miguel es un estratovolcán cuaternario, pertenece al arco volcánico salvadoreño, actualmente es el que presenta más señales de actividad volcánica. En esta investigación se ha determinado el alcance de caída de balísticos desde dos fracturas en sus flancos norte y noreste, como parte de la revisión de los escenarios de amenaza de los peligros volcánicos de este. Para ello se han realizado simulaciones numéricas utilizando el programa Ballistics©, con base a información tanto del registro eruptivo, como de campo. Del registro eruptivo se conoce el tipo de erupciones, características y explosividad, la información de campo provee datos de las propiedades de bombas volcánicas y para el cálculo de la energía de lanzamiento de los dos escenarios de mayor y menor posibilidad de ocurrencia, la que sirve para replicar, con datos óptimos, dicho suceso en las zonas de interés, obteniendo el máximo alcance en planimetría. Estos resultados son extrapolados a la topografía para considerar el efecto de las irregularidades del terreno sobre la zonificación. El resultado se muestra como parte del mapa de amenaza por caída de balísticos del volcán de San Miguel, éste se ha complementado con los escenarios de la evaluación realizada para el cráter central e información territorial pertinente disponible para la gestión de riesgo y divulgación, principalmente a las poblaciones inmediatas al volcán.

Sistematización de metodologías para SIG, análisis de movimientos en laderas, Centro América 2011.



DIANA KAREN OSORIO CONLLEDO
Arquitecta
Guatemala

Las guías metodológicas de movimientos en laderas, aplicadas a los SIG; tienen una importante relevancia en el intercambio de enseñanza – aprendizaje, pueden ser utilizadas para desarrollar prácticas de modelaciones y comparaciones de mapas, en regiones susceptibles. Los movimientos en laderas pueden ser de diferentes tipos: caídas, basculamientos, deslizamientos (rotacionales o traslacionales), separaciones laterales, flujos y alguna combinación de los anteriores.

Existen métodos de aplicación para evaluación de la susceptibilidad por inestabilidades de laderas, a través de los SIG, presentan enfoques de índole determinístico. Se fundamentan en la utilización de métodos basados en cálculos físicos y modelos numéricos. Modelos Probabilísticos: Se basan en los análisis estadísticos de información cualitativa y cuantitativa de los eventos registrados en la actualidad y en el pasado. Métodos Heurísticos / cualitativos: conocimiento previo de los factores que intervienen el proceso de inestabilidad de laderas en un determinado lugar. Métodos Geomorfológicos: se fundamentan en el análisis de las condiciones que generan inestabilidad utilizando técnicas de cartografía, geomorfología y regionalización.

Se han desarrollado diversos métodos, uno de ellos es el método Mora-Varhson, elaborado en Costa Rica por Sergio Mora y Wilhelm-Guenther Vahrson en el año 1991. Y el método se susceptibilidad geomorfológica.

Identificación de estructuras geológicas utilizando la técnica de potencial espontáneo (sp) en el Cerro San Jacinto, San Salvador.



JOSÉ EFRAÍN BENÍTEZ LEÓN
Licenciado en Física
El Salvador

El cerro San Jacinto con una elevación de 1153 msnm, está localizado dentro de las demarcaciones de los municipios de San Marcos, San Salvador, Santo Tomás y Soyapango en el departamento de San Salvador. En esta área se ha presentado recurrentemente micro sismicidad y retumbos, la más reciente ocurrió entre el 19 y 21 de mayo del 2011 con un total de 22 microsismos, de los cuales seis fueron reportados como sentidos por la población (SNET, 2011).

Con el objeto de identificar posibles fallas activas en el área de ocurrencia de esta microsismicidad se procedió a realizar un estudio geofísico por medio de la técnica de Potencial Espontáneo (SP). El equipo utilizado para realizar el estudio consistió en electrodos no polarizables de cobre (Cu/CuSO4), carretes de alambre de cobre y milivoltímetro. Las medidas se realizaron siguiendo un perfil desde la parte sumital hasta la base del cerro a distancias de 25 metros, entre cada punto con una dirección noroeste.

Los resultados preliminares de este perfil identifican tres zonas con las siguientes características: a) zona 1 definida desde los 1144 hasta 1113 msnm y gradiente medio de -8,4 mV/m, b) zona 2 entre los 1113 y 969 msnm y gradiente medio de +1,5 mV/m y c) zona 3 desde 969 hasta 679 msnm y gradiente medio de -1,3 mV/m.

Los gradientes negativos explican las zonas hidrogeológicas con variación en las dimensiones de su acuífero asociado. Por otra parte el cambio de gradiente de negativo a positivo en el límite de la zona 1 y 2 indica un cambio lateral en la litología de la zona.

Un estudio más detallado permitirá identificar las posibles causas de la microsismicidad asociada a las estructuras geológicas, los acuíferos en relación a sus debilidades corticales, fallas estructurales, y movimientos del agua subterránea en el cerro San Jacinto.

Diseño de un sistema para la gestión y comunicación de información sobre la situación de las amenazas naturales en El Salvador



DAVID ELISEO MARTÍNEZ CASTELLANOS
Ingeniero Ciencias de la Computación
El Salvador

El conocimiento de la situación de las amenazas naturales es importante para prevenir la pérdida de vidas y/o bienes naturales, dicho conocimiento proviene del estudio y monitoreo constante. En El Salvador, la institución responsable de realizar el monitoreo de la condición de amenaza natural es el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

Es posible mejorar el trabajo realizado por los especialistas del MARN aplicando nuevas tecnologías de información al monitoreo de las amenazas naturales, por esta razón se propuso el diseño de un sistema de cómputo integrado que mejore la forma en que se presenta la información más actual que incide o provoca cambios en la situación o condición de amenaza natural. Este sistema de cómputo trabajará sobre la base de la plataforma actual de monitoreo del MARN y de las metodologías de evaluación la condición de amenaza que el MARN ya utiliza, siendo las mejoras alcanzadas: la integración y presentación de la información, la creación de nuevos módulos de análisis de información en tiempo real y la integración con una plataforma de participación ciudadana.

Debido al nivel de abstracción del proyecto, se decidió aplicar la técnica de ingeniería de software de desarrollo de prototipos. Para el desarrollo del prototipo del proyecto se realizó una serie de entrevistas con los especialistas de las áreas de Geología e Hidrología del MARN para conocer sus necesidades de procesamiento de información y metodologías de evaluación.

A partir de la información recabada y utilizando el criterio experto en desarrollo de sistemas se obtuvo el siguiente prototipo:

Estación de Trabajo para el Monitoreo Ambiental

Descripción: Herramienta de monitoreo integrado de datos recabados de la red de estaciones telemétricas y red de radares de El Salvador, orientada a las áreas de Geología e Hidrología del MARN, sistema basado en Web con vista de datos espaciales, tabulares y en forma de gráficos. Además posee integración con la plataforma Ushahidi para obtención de datos de la población en general a través de redes sociales y dispositivos celulares.

El prototipo desarrollado representa un gran avance en el desarrollo del sistema general. El sistema final debe incorporar más áreas de monitoreo, además de Geología e Hidrología. La elaboración de un sistema de este tipo sólo es posible gracias a la adecuada formación técnica y científica en peligrosidades naturales y sistemas de información geográfica.

Modelación hidrológica de la microcuenca Chanmico y el análisis del problema de inundaciones en comunidades Chanmico, Ciudad Versailles y El Cambio, del municipio de San Ópico, del Departamento de La Libertad



EVELIA DEL CARMEN MARTÍNEZ QUIJANO
Ingeniera Agrónoma
El Salvador

El fenómeno de las inundaciones es un problema muy complejo en la zona de la microcuenca Chanmico, ubicada al noroeste del país, la cual discurre desde el volcán de San Salvador hasta su desembocadura en el río Sucio en el municipio de Ópico, debido a que las condiciones actuales de uso de suelo, la poca capacidad de cobertura que se tiene en el área protegida con respecto a la vigilancia, la falta de implementación de obras de conservación de suelo en la cuenca media, así como también el dimensionamiento inadecuado de las diferentes obras de paso y conducción del agua lluvia colectada dentro de la microcuenca, la falta de mantenimiento de estos sistemas de drenaje han permitido que durante los años 2009 y 2012 se hayan presentado problemas a los habitantes de las comunidades Chanmico, Villa Burdeos y la comunidad El Cambio ubicada en la cuenca baja.

La cantidad de sedimentos provenientes de la erosión hídrica, la deforestación en la cuenca alta y la mala disposición de los desechos sólidos en la comunidad Chanmico generan un efecto de taponamiento lo cual genera la reducción de la capacidad hidráulica de las obras de paso y de conducción de las aguas lluvias en la zona las cuales inician con una capacidad de conducción de 24 m^3/s en la cuenca media y 1.62 m^3/s en la cuenca baja, mientras que dentro de la micro cuenca bajo condiciones de suelo seco (Condición II) se generan según las modelaciones para un período de retorno de 5 años 67.4 m^3/s y para una condición de humedad III el caudal generado a través de la modelación es de 136.9m^3/s, lo cual demuestra la baja capacidad hidráulica en la zona.

Caracterización de las zonas sísmicas en el graben central de El Salvador



MARTA GRISELDA MARROQUÍN PARADA
Sismóloga
El Salvador

Los sismos de corteza superior con epicentro en el graben central pueden alcanzar magnitudes cercanas a los 7 grados, en su mayoría son causados por el movimiento de las fallas geológicas dentro del territorio salvadoreño y algunos de ellos por erupciones volcánicas. Son más destructivos que los sismos de subducción, debido a que sus epicentros coinciden con zonas pobladas y sus profundidades focales son menores a los 20 kilómetros. Al menos cuarenta y dos sismos con epicentro en el graben central han causado daños de leves a severos en el periodo de 1733 al 2011.

El último sismo con daños severos ha sido el ocurrido el 13 de febrero de 2001, con magnitud 6.6 (Mw), en el departamento de San Vicente. Con base en los resultados del monitoreo sísmico y el mapa de las fallas geológicas, la sismicidad en el graben central ha sido dividida en doce zonas, para cada zona se ha identificado la magnitud máxima registrada, como un indicador del potencial sísmico. Cinco de ellas han experimentado magnitudes superiores a los 6 grados, siendo la de mayor potencial sísmico la zona que se extiende desde el lago de Ilopango hasta el río Lempa.

En este trabajo se han calculado los coeficientes sísmicos de cada una de las doce zonas, utilizando la relación magnitud frecuencia de ocurrencia propuesta por Gutenber y Richter en 1942. También se ha calculado el período de retorno para magnitudes específicas. Esta información será de gran utilidad en la evaluación de la amenaza sísmica, ya que cada zona podría ser considerada por separado, en lugar de considerar a todo el graben central como una sola fuente son sismicidad distribuida uniformemente.

Identificación de amenazas naturales en las comunidades “Las Contreras 1 y 2”, zona 8, municipio de Soyapango



IVONNE GUADALUPE LÓPEZ LINARES
Ingeniera Agrónoma
El Salvador

El Salvador es un país considerado en la actualidad altamente vulnerable a los efectos del cambio climatológico mundial, lo cual se ve reflejado anualmente en el inicio de la temporada de lluvias, debido a muchos factores que propician dicha vulnerabilidad, siendo estos de origen natural como los geológicos, hidrológicos entre otros, pero el más grande de todos los factores es la situación demográfica y la pobreza extrema, que conlleva a establecer los asentamientos humanos no apropiados en el territorio en zonas no aptas para ser habitadas debido a los peligros que ahí se encuentran, sean estos deslizamientos, inundaciones, derrumbes, cárcavas, etc.

Las Comunidades Contreras 1 y 2, son un claro ejemplo de estos asentamientos en sitios no adecuados en zonas de riesgos, siendo la situación socioeconómica el determinante para que las familias que ahí residen no tengan más opción. Las diferentes amenazas naturales identificadas en ambas comunidades, deslizamientos e inundaciones, en un territorio conformado de cenizas volcánicas jóvenes (TBJ) sumando los fenómenos hidrometeorológicos extremos que cada vez son más frecuentes en El Salvador, dejan en evidencia la normal y común práctica de los asentamientos no adecuados en zonas que deberían ser dejados baldíos, ya que las personas que habitan cerca de quebradas, terrenos con pendientes muy altas o zonas vecinas a cursos de ríos, estarán siempre en vulnerabilidad de peligros naturales, situación que con cada fenómeno natural anual evidencia cada vez más a lo que se exponen estas familias.

Durante esta investigación se buscó conocer la problemática social de la comunidad, pero también se recolectó información tanto social, como de peligro al que ellos están expuestos, para elaborar los mapas resultados de dicha información. Se buscó confrontar mapas previamente elaborados por diferentes instituciones tanto nacionales como ONG´s, que registran los diferentes factores naturales que propician situaciones de peligrosidad en el país y los clasifican según los lugares más vulnerables dependiendo de las características que estos presenten.

De todo lo anterior, se considera que mientras no exista una verdadera ordenanza territorial sobre el uso de las zonas marginales y estas comunidades se ubiquen zonas aptas para asentamientos humanos dignos y no se supere la pobreza que estas personas tienen, solamente se puede buscar prevenir situaciones de riesgo, educándoles para que ellos mismos conozcan la situación en la que viven y capacitarles para afrontar las futuras situaciones a las que están expuestas.

Evaluación participativa de riesgo por deslizamiento en el casco urbano de San Lucas Tolimán, Sololá, Guatemala



LIDAMAR EUGENIA CARDONA HERNÁNDEZ
Ingeniera Agrónoma
Guatemala

En Guatemala en el municipio de San Lucas Tolimán, departamento de Sololá ubicado en la parte sur de la cuenca hidrográfica Atitlán, se han presentado eventos como los deslaves e inundaciones, provocando pérdidas materiales, sobre todo la destrucción de viviendas, cultivos, sistemas de agua potable y saneamiento. Este municipio está ubicado en las faldas de los volcanes Tolimán y Atitlán respectivamente y ha reportado históricamente distintos eventos de movimientos de ladera, tales como deslizamientos con un período de recurrencia manifestado oralmente por los habitantes de por lo menos 5 años.

En este municipio se presentan factores que aumentan las probabilidades de la ocurrencia de estos eventos, dentro de estos están: la topografía de la zona, con pendientes muy elevadas, el uso inadecuado del suelo, aspectos geológicos poco consistentes, alta precipitación pluvial, red hidrográfica contaminada. Entre las vulnerabilidades están: la pobreza y extrema pobreza de la población asentada en el área (3er departamento más pobre del país según su IDH departamental). La vulnerabilidad ambiental extremadamente alta (incrementada por la deforestación, la erosión y el uso inadecuado del suelo), el limitado abastecimiento de agua potable y falta de educación ambiental.

Estos factores ponen de manifiesto la necesidad de sensibilizar y capacitar a las diferentes estructuras organizativas (COMRED, COLRED Y CEGR) existentes en el municipio para poder ser los referentes para la prevención y atención de desastres causados por eventos como los deslizamientos. El 29 de mayo de 2010, nuevamente el municipio de San Lucas Tolimán es afectado con el paso de la tormenta tropical Agatha, afectando a las comunidades de La Unión, San Gregorio, Amanecer I y II, La Esperanza, Pachavac, Schaffer, Spencer y Sector El Relleno, reportando 10 personas fallecidas entre ellas tres niños.

Esta evaluación servirá como insumo a las autoridades locales en la toma de decisiones y tomar en cuenta las condiciones del casco urbano después del paso de esta tormenta tropical Agatha. También se generaron mapas elaborados por las comunidades afectadas donde reflejan sus amenazas, vulnerabilidades, capacidades y recursos.

Evaluación de riesgos por inundaciones en la subcuenca El Tunco, municipio de Tamanique, La Libertad



OSCAR JOAQUÍN ORTIZ MONTANO
Ingeniero Agrónomo
El Salvador

La subcuenca del río El Tunco, se encuentra ubicada al sur del municipio de Tamanique. El área total es de 13.82 Km^2, la zona es reconocida a nivel nacional como Cordillera del Bálsamo. La parte alta y media de la subcuenca se caracteriza por un uso del suelo intensivo con cultivos anuales de milpa (42%); esto complica en la época de invierno, sobre todo en la parte baja de la subcuenca donde ocurren inundaciones ocasionadas por las quebradas Tacuazin, Jutera y El Cenizo.

Entre las conclusiones más relevantes cabe destacar que la subcuenca posee en un 35% de su área pendientes entre 30% a 50%, a esto se le suma que es una zona de respuesta rápida y presenta un alto grado de deforestación en la parte alta y media, por lo que es una zona que posee un alto grado de riesgo, a esto se le suma el cambio climático, el cual en los últimos años ha generado en el país precipitaciones concentradas en la zona. Otro aspecto muy importante es que según los registros de precipitación de los últimos años, la subcuenca podría manifestar problemas de inundación con períodos de retorno más cortos, afectando sobre todo la parte baja, generando un impacto negativo en la economía de la zona, debido a que mensualmente es visitada por turistas nacionales y extranjeros.

Propuesta de zona de protección y zonificación de la zona de protección para un tramo del cauce natural urbano, Quebrada Las Lajas



IVY DORA DE ROMERO
Ingeniera en Sistemas Informáticos
El Salvador



MARGARITA RAQUEL ORELLANA
Arquitecta
El Salvador

La quebrada Las Lajas se ubica en el volcán de San Salvador, con pendientes pronunciadas, topografía muy accidentada y quebradas profundas, en una zona susceptible a deslizamientos. En su recorrido tiene un área dominante en la zona de máxima protección y en su parte baja atraviesa varias colonias de la denominada área urbana, con tendencia a la invasión del cauce y sus zonas de protección. Para la realización del estudio no se toma en cuenta, dentro del análisis la zona densamente poblada y adoptamos la protección del cauce para mantener el adecuado drenaje de la escorrentía de aguas lluvias y limitar la invasión; es importante resaltar que en la zona se han identificado amenazas geológicas, hidrológicas, sísmicas y volcánicas, y que bajo el enfoque de zona de protección a desarrollar se excluyen la protección de las viviendas y habitantes ante otros eventos y peligrosidades naturales por sismo, erupciones, caída de balísticos, potenciales flujos de lava y cualquier evento que supere el deslave en El Picacho del año 1982 y 2008 y los depósitos del mismo en la zona de Montebello.

La alcaldía municipal, la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, instituciones de gobierno, universidades y los grupos de investigación técnica y científica nacionales e internacionales y no gubernamentales han coordinado y realizado diferentes aportes orientados a la gestión de riesgo y han propuesto, normado y modelado diferentes escenarios en la zona a raíz del deslave, realizando los estudios y propuestas de obras de mitigación y cuentan con información detallada y base de datos digital sobre el área de estudio, que nos ha permitido y posibilitado conocer las áreas expuestas previo a realizar: a) el análisis gráfico comparativo, b) sobreposición de mapas y shape representados en forma de capas, c) levantamiento de secciones hidráulicas y d) delimitar la microcuenca.

En el proceso se elaboró un estudio hidrológico, que constituye uno de los principales aportes que nos permitió la identificación, delimitación del cauce y generación del mismo hasta el manejo de las aplicaciones en ArcGIS; modelar con el software Lahar Z, para la quebrada Las Lajas, un volumen de 100mil m^3, y 200 mil m^3; y la simulación utilizando el Programa Hec-Georas para ArcMap y Hec-Ras. Lo anterior se complementa con los datos levantados en campo y recopilación de información general existente relacionada con el análisis documental de la legislación vigente, Instituciones involucradas e instrumentos de planificación urbana.

Evaluación geoquímica de la falla activa El Salvador al norte del volcán San Vicente



CARLOS RENÁN FUENTES GUADRÓN
Licenciado en Química
El Salvador

El Salvador se caracteriza por ser el más pequeño de los países de América Central, sin embargo el tamaño no tiene relación alguna con la alta densidad de sismos registrados en la historia. Los terremotos de 2001 fueron asociados a dos orígenes: el primero por movimiento de placas (13 de enero) y el segundo por movimiento de falla superficial (13 de febrero), este último esta relacionado con la actividad de la ZFES mejor conocida como Zona de Falla El Salvador, es una falla que atraviesa el territorio de este a oeste, ubicándose al norte en paralelo al eje volcánico. Un tramo de la Carretera Panamericana en la jurisdicción de San Vicente donde yace un segmento de la ZFES, fue seleccionado para conocer variaciones en los flujos de gases de CO_2 y H_2S presentes en el suelo.

Los resultados muestran la presencia de áreas anómalas difusas, donde el contenido de CO_2 supera los niveles basales de suelos ($13gm_2día$). La presencia del gas puede ser un indicativo de la actividad de ese segmento de la falla, es indudable que la determinación de otras especies gaseosas como helio y radón complementarían la investigación para asociarlo al movimiento de la falla, además estos puntos de emanación de gas CO_2 ahora identificados pueden disponerse para realizar una distribución de trampas alcalinas y conocer la concentración del gas y por ende la asociatividad de la actividad de la falla.

Distribución espacial de flujo de dióxido de carbono (CO_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S) en el cráter del volcán San Miguel, El Salvador.



RODOLFO ANTONIO OLMOS GUEVARA
Licenciado en Física
El Salvador

El volcán San Miguel, conocido también como Chaparrastique, es un estratovolcán formado por diferentes capas de rocas volcánicas de composición basáltica. Se ubica en la región oriental de la Cordillera Volcánica de El Salvador, a 11 kilómetros al occidente de la ciudad de San Miguel. Tiene una elevación de 2130 msnm.

El objetivo principal de este trabajo fue identificar la distribución espacial de la emisión de dióxido de carbono (CO_2) y sulfuro de hidrógeno (H_2S) que emite el cráter del volcán San Miguel, los cuales fueron medidos utilizando un equipo de flujo doble conteniendo un espectrofotómetro infrarrojo no dispersivo (LI-820) y una celda electroquímica respectivamente, ambos acoplados con una computadora de mano (WestSystem). La exploración geoquímica se realizó durante septiembre y noviembre de 2011. Los resultados se compararon con la actividad térmica y sísmica del volcán San Miguel.

Los mapas de distribución espacial en base a métodos de interpolación de vecinos naturales de flujo de dióxido de carbono (CO_2) muestran anomalías preferentemente en la zona norte, coincidentes con la tendencia de la falla San Miguel (ZFSM), las descargas de vapor, calor del cráter y microsismicidad de la zona; mientras que el flujo de sulfuro de hidrógeno (H_2S) define debilidad cortical en dirección concéntrica en el interior del cráter del volcán San Miguel.

La salida parcial a la atmósfera estimada de flujo de dióxido de carbono (CO_2) por el sector oeste, sector norte y este fueron de 0.56, 4.13 y 0.29 ton/día respectivamente, y para el flujo de Sulfuro de Hidrógeno (H_2S) por el sector oeste, sector norte y este fueron de 0.57, 0.13, y 0.19 Kg/día respectivamente.

Los mapas de distribución espacial elaborados representan la línea base de emisión flujo de dióxido de carbono (CO_2) y flujo de sulfuro de hidrógeno (H_2S) en el cráter del volcán San Miguel, las cuales servirán para la interpretación de señales promisorias de estos gases, su relación con las anomalías microsísmicas y cambios de presión en el sistema a profundidad.

Propuesta de prevención y mitigación de riesgos físicos, con la participación de las comunidades del Guaje, San Rafael, Díaz y Vásquez de la zona 10 en el cerro San Jacinto en Soyapango



ROSA MARGARITA OCHOA
Ingeniera Industrial
El Salvador

El estudio se desarrolló en las comunidades El Cerro San Jacinto en el municipio de Soyapango el estudio de las comunidades que están ubicadas en la zona 10 (zona Sureste) es que se tienen antecedentes que esa zona en los años 60 fue una área de cafetal pero con el tiempo se ha urbanizado y hoy en día se presentan pequeños deslizamientos y micro cárcavas que están volviendo vulnerable la zona y las directivas de las comunidades junto con la alcaldía municipal de Soyapango han tomado la iniciativa de sensibilizar a los pobladores para disminuir los problemas de erosión que se dan en la zona, las cuales se encuentran ubicadas a lo largo de la cuenca la cual con el tiempo se ha visto invadida por los pobladores de las comunidades y la colonia Bosques del Matazano que de una u otra forma contribuyen a las inundaciones y deslizamientos de esta zona.

El tipo de tejido urbano que se encuentra en las comunidades es del tipo urbano discontinuo y del tejido urbano precario, ya algunas de las comunidades no cuentan con los servicios básicos para poder desarrollar sus actividades cotidianas, sumado a la falta de planificación del desarrollo urbano en la zona por lo que lo vuelve en algunas ocasiones vulnerable a los riesgos naturales que se presentan, debido en gran parte a las condiciones topográficas del suelo, así como a los cambios de uso de este y a la necesidad de las familias de vivir en la zona y de sus condiciones económicas que no les permiten cambiar de lugar y por lo que deben convivir a diario con los peligros principalmente de los tipo hidrometeorológicos que son los que se dan con mayor frecuencia en la zona, sin olvidar los riesgos sísmicos, ya que estos también están presentes en la zona por el origen del Cerro San Jacinto que es un volcán inactivo.

9.3
UNAN

CARLOS ALBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ Ingeniero Guatemala	Evaluación de deslizamientos inducidos por sismos a través de métodos geotécnicos en la aldea Estancia de la Virgen, Chimaltenango, Guatemala.
DELRIN KENNY CHAVARRÍA WARMAN Lic. Biología Marina Nicaragua	Estudio de susceptibilidad ante inundación en el casco urbano de la ciudad de Bilwi, Puerto Cabezas, región autónoma atlántico norte (R.A.A.N.), Nicaragua.
ERASMO JOSÉ AGUILAR ARRIOLA Arquitecto Nicaragua	Plan de gestión de riesgos para la UNAN, campus universitario Rurd, Managua.
ERIN DENISE BLANDON IGLESIAS Arquitecta Nicaragua	Gestión de riesgo con enfoque de orden territorial en el municipio de Pueblo Nuevo, Estelí.
FATIMA DEL CARMEN UBEDA RODRÍGUEZ Lic. Ciencias Ambientales Nicaragua	Evaluación de la vulnerabilidad urbana ante inundaciones en los barrios Milena Hernández, Orlando Ochoa, Panamá Soberana y 29 de Octubre del Municipio de Estelí
LEYDI LACAYO MARTÍNEZ Licenciada Nicaragua	Evaluación del efecto de sitio en el área urbana de la Ciudad de León.
LIDIA ELIZABETH TORRES BERNHARD Ingeniera Honduras	Evaluación preliminar de la respuesta sísmica del suelo del Centro Histórico de Tegucigalpa y Comayagüela.
MABEL JAQUELINE GONZÁLEZ GONZÁLEZ Arquitecta Nicaragua	Evaluación del riesgo ante movimientos de ladera en el casco urbano del municipio de San Nicolás, departamento de Estelí.
NÉSTOR PONCE Ingeniero El Salvador	Susceptibilidad a movimientos del terrreno sector norte de San Salvador.
SENEYDA BEATRIZ MENDEZ AMADOR Licenciada Nicaragua	Evaluación de riesgo ante inestabilidad de laderas en el casco urbano del municipio de Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua.
YADIRA PATRICIA TABLADA NAVARRETE Arquitecta Nicaragua	Evaluación de la vulnerabilidad urbana del barrio “San Luis” en el distrito IV- Managua, mediante la aplicación de los factores de la amenaza sísmica y los efectos colaterales para el sector vivienda.
YARELIS YAMILETH SÁNCHEZ SÁNCHEZ Licenciada en Geografía Panamá	Plan escolar de gestión de riesgo para el C.E.B.G La Compañia, corregimiento del Valle de Antón, Panamá.
ALFREDO MIRÓN NAJERA Ingeniero Agrónomo Guatemala	Evaluación de la amenaza por inundación en el Centro Histórico Colonial de la ciudad de Antigua Guatemala, municipio de Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez, Guatemala.
MARTHA ALICIA PAIZANO Nicaragua	Gestión de riesgo con enfoque en ordenamiento territorial en el casco urbano del municipio del San Nicolás, Estelí.
FRANCISCO ANTONIO BARAHONA ESCOTO Licenciado en Física El Salvador	Estudio del período fundamental de vibración del suelo de la zona Centro - Norte de la ciudad de Santa Tecla, a partir de la medición de vibración ambiental y ondas superficiales (MASW).
BENANCIO HENRIQUEZ Licenciado en Física El Salvador	Evaluación de períodos fundamentales de vibración de suelo para el área centro sur de la Ciudad de Santa Tecla, El Salvador.

Evaluación de deslizamientos inducidos por sismos a través de métodos geotécnicos en aldea Estancia de la Virgen, Chimaltenango, Guatemala



CARLOS ALBERTO PÉREZ RODRÍGUEZ
Ingeniero
Guatemala

Esta investigación tiene como objetivo principal delimitar las zonas de amenaza a deslizamientos inducidos por sismos en la aldea Estancia de la Virgen Chimaltenango. Para ello son utilizados los métodos Newmark y Elementos Finitos, con el fin de determinar los efectos de posibles movimientos de masa en el área de estudio. Los parámetros usados para la simulación fueron obtenidos por medio de ensayos en campo y laboratorio, análisis de muestras recolectadas en campo y caracterización geotécnica de los suelos que constituyen la zona de interés. La metodología utilizada en esta investigación se desarrolló en cuatro etapas. La primera corresponde a la recolección de toda la información teórica referente al estudio (mapas, informes, trabajos de la zona y datos geomorfológicos). A continuación, se realizó la etapa de campo donde se describieron las condiciones geológicas y geotécnicas existentes que permiten determinar las zonas más propensas a los movimientos de masa y donde se recolectaron muestras para realizar ensayos de laboratorio. La tercera etapa consistió en la obtención de parámetros geo-mecánicos para la simulación, mediante ensayos de laboratorio. Finalmente, la última etapa correspondió a la creación de geometrías del talud, cargas y otros agentes externos para generar los modelos con los valores obtenidos en campo y laboratorio.

Los resultados obtenidos en la investigación muestran zonas de peligro donde se puede observar inestabilidad y amenaza en 2 zonas principalmente, la primera clasificada como amenaza alta la cual corresponde de 0m a 50m perpendicular a la orilla del talud, y la segunda zona clasificada como amenaza media que abarca de 50 m a 100 m perpendiculares a la orilla del talud. Se concluye que las viviendas ubicadas en el área de amenaza alta no soportarían los asentamientos de terreno producidos por el sismo, además de las casas que se encuentran en el área de amenaza media dependerán de la calidad de la construcción para evitar el colapso por asentamientos. Por último el área que se encuentra en amenaza alta, representa el 54% del área de estudio mientras que, el área considerada como de amenaza media ocupa 32 % del área total de estudio.

Estudio de susceptibilidad ante inundación en el casco urbano de la ciudad de Bilwi, Puerto Cabezas, Región Autónoma Atlántico Norte (R.A.A.N)



DERLIN KENNY CHAVARRÍA WARMAN
Lic. Biología Marina
Nicaragua

Este estudio aporta elementos para la determinación de la susceptibilidad ante eventos de inundación en el casco urbano de la ciudad de Bilwi, a través de la utilización de métodos geomorfológicos e hidráulicos para la estimación de Qmáx genéricos y de sistema de información geográfica (SIG). Este método es recomendable cuando se dispone de un bajo presupuesto y la información hidrometorológica es escasa. De acuerdo al análisis de los resultados obtenidos, las características del casco urbano de la ciudad de Bilwi, Puerto Cabezas presentan alta susceptibilidad ante este fenómeno natural, demostrando cualitativamente que de los tres eventos hidrometeorológicos evaluados en la zona (Huracán Mitch 1998, Beta 2005 y Félix 2007), el Huracán Mitch fue el fenómeno con mayor grado de afectación, obteniendo una longitud de inundación de 100 a 150 m a lo ancho sobre la margen del río y de 2 a 3 m de altura del nivel de agua alcanzado. El Qmáx, del evento Mitch fue de 175 (m^3/s) siendo los barrios más afectado: Alemán con 81 %, seguido de El San Luis con 62 %, Los Ángeles 58 %, Nueva Jerusalén con 52 y Filemón Rivera 46%. El producto final es un mapa representativo de susceptibilidad urbana ante inundaciones, dicho estudio de la susceptibilidad es de gran importancia para la ciudad, que permita conocer la realidad a que está expuesta la población. Además, este estudio podría servir como referencia para las autoridades municipales, planificadores territoriales y organizaciones no gubernamentales involucrados en la toma de decisiones y en el desarrollo de proyectos y programas medioambientales, con el fin de incorporar e implementar estrategias, planes y políticas de Gestión Integral de Riesgo (GIR) y con ello contribuir a reducir el riesgo a desastres. Así mismo, este estudio puede ser utilizado como una herramienta básica para realizar estudio a nivel de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, con mayor detalle.

Plan de gestión de riesgos para la UNAN, campus universitario Rurd, Managua.



ERASMOS JOSÉ AGUILAR ARRIOLA
Arquitecto
Nicaragua

Por ser Managua la capital de la República de Nicaragua, en ésta se concentran las principales ofertas laborales y académicas del país y es la UNAN Managua la institución que aglomera el mayor número de personas en estas actividades educativas, en una ubicación compleja por sus características urbanas (vialidad limitada) y accidentes físico - naturales (cauces y fallas sísmicas), por lo cual se vuelve uno de los principales sitios en riesgo de la ciudad. Es imperante diseñar las estrategias y planes de reducción y mitigación de riesgos, que sean los más adecuados para poder reaccionar correctamente, creando una cultura de manejo de riesgos y procurando reducir al máximo las vulnerabilidades.

Con este trabajo se logró desarrollar lineamientos para la actuación institucional de la UNAN RURD como gestora de sus riesgos, en pro de mitigar las amenazas y reducir vulnerabilidades. A su vez se creó una herramienta auxiliar del mismo Plan que es la Cartilla de actuación ante Riesgos Físicos – Naturales y Antropogénicos, en la UNAN RURD, Managua, la cual también puede ser utilizada en otras instituciones como instrumento de explicación y educación acerca del tema del riesgo.

La evaluación del riesgo en la UNAN RURD requirió el diseño de una metodología a partir del estudio de diferentes teorías y modelos análogos, en la que se toman en cuenta los principales riesgos por su tipo de origen (físico – natural y/o antropogénico), y se desarrollan las herramientas cualitativas y cuantitativas.

Al aplicar las diferentes herramientas, se evidenció en la UNAN RURD riesgo global del 29% que es aceptable, sin embargo, el riesgo específico por facultad y/o carrera es muy dispar, requiriéndose de estudios más detallados y específicos. Dos zonas destacan con riesgo alto; los pabellones ubicados en el recinto oeste y el área del preescolar.

Gestión de riesgo con enfoque de orden territorial en el municipio de Pueblo Nuevo, Estelí



ERIN DENISE BLANDÓN IGLESIAS
Aquitecta
Nicaragua

El área urbana de Pueblo Nuevo se ubica en la parte baja de la microcuenca Quebrada Arriba, constituidas por cerros que son susceptibles ante inestabilidad de laderas. Estos cerros presentan indicadores de diferentes tipos de movimientos que van desde superficiales hasta complejos, estos indicadores brindan información para reconocer áreas que pueden ser afectadas por dichos movimientos.

Este estudio tiene como finalidad proponer una zonificación del territorio, para esto fue necesario tomar los criterios planteados en la investigación de Méndez, S. (2012); en la cual se generó mapas de susceptibilidad ante deslizamientos en Pueblo Nuevo, Estelí.

Los resultados de este estudio serán un aporte en materia de gestión de riesgos orientados a incidir en el proceso de ordenamiento Territorial a nivel local. El Plan de Gestión de Riesgos se desarrolló en las etapas pre-desastre, tomando como base la estimación del riesgo para plantear estrategias de prevención y mitigación. Como medida de mitigación se plantea la zonificación para reducir vulnerabilidades en el territorio, basada en resultados por Méndez, S. (2012) y tomando en consideración el Decreto No. 78-2002 Normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial.

Evaluación de la vulnerabilidad urbana ante inundaciones en los barrios Milena Hernández, Orlando Ochoa, Panamá Soberana y 29 de Octubre del municipio de Estelí



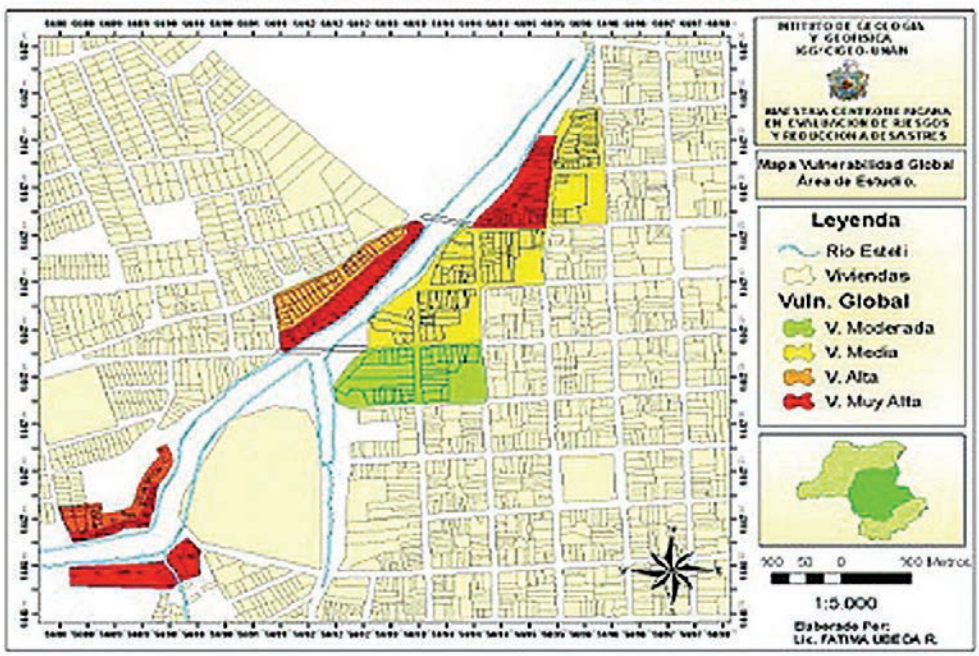
FATIMA DEL CARMEN UBEDA RODRÍGUEZ
Lic. Ciencias Ambientales
Nicaragua

Esta investigación estuvo encaminada a realizar la evaluación de la vulnerabilidad en áreas expuestas a la amenaza por inundaciones en el casco urbano de Estelí, Nicaragua, en especial en los barrios Orlando Ochoa, Milenia Hernández, 29 de Octubre y Panamá Soberana, en donde las inundaciones ocurridas en las últimas décadas han generado daños considerables a bienes inmuebles, a la propia infraestructura urbana y pérdida de vidas humanas.

Se propone una nueva propuesta metodológica para evaluar las inundaciones en el casco urbano, donde se toman en cuenta parámetros como, medio físico construido, organización comunal, población e ingresos. Al mismo tiempo se hace la propuesta de tipología de viviendas según su material de construcción para el área de estudio.

Se elabora los mapas de vulnerabilidad urbana por vivienda y global en cada uno de los barrios en estudio. La tesis finaliza con algunas conclusiones y recomendaciones que ayudarán a la municipalidad a minimizar los impactos del crecimiento urbano de la ciudad de Estelí.

Mapa # 26 presenta la vulnerabilidad urbana global para el área en estudio.



Evaluación del efecto del sitio en el área urbana de la Ciudad de León



LEYDI LACAYO MARTÍNEZ
Licenciada
Nicaragua

La Ciudad de León se localiza en el occidente del país y su posición geográfica es considerada vulnerable ante un evento sísmico por ubicarse en una zona de alta sismicidad, la zona del Pacífico. Es importante señalar que en esta ciudad es combinada la sismicidad de características locales (sismicidad local), como de carácter regional (zona de subducción). Además se encuentra inmersa en la cadena volcánica de Nicaragua, siendo la actividad volcánica otra fuente generadora de sismos.

El objetivo del estudio es determinar los periodos fundamentales (To), y amplificación relativa (Ao) de la vibración del suelo en el área urbana de la Ciudad de León. Éste se llevó a cabo mediante el análisis de la razón espectral H/V en superficie, conocida como el método de Nakamura. Para el desarrollo del trabajo, se ubicaron 55 puntos distribuidos por toda la ciudad, de los cuales solo 44 registros fueron analizados porque sus registros eran los que presentaban menos ruido antropogénico. Estos registros fueron ubicados en una malla con separación aproximada de 300 metros entre nodos. Los registros se tomaron en dirección de este a oeste, esto, con el objetivo de aprovechar el sentido de circulación de las vías usadas, aunque cabe resaltar que en algunos sitios se hizo necesario cambiar de dirección para evitar, en la medida de lo posible, el ruido ambiental existente en el área de estudio.

Del análisis de los resultados obtenidos en el estudio se estimó que los suelos de la Ciudad de León tiene distintos períodos de vibración, que van desde 0.3 a 0.9s. En el estudio, los resultados se muestran mediante un mapa de iso-períodos, el cual delimita la distribución de los distintos suelos de la ciudad considerando sus períodos de vibrar. Los suelos del área de estudio, se clasificaron en dos zonas, esto puede ser considerado como una microzonificación preliminar de la zona de estudio, la que debe ser complementada con estudios de geotecnia y estudios de velocidades de onda cortante, para obtener información a más detalle y así determinar el comportamiento dinámico de los suelos existentes en la ciudad con mayor confiabilidad.

Evaluación preliminar de la respuesta sísmica del suelo del Centro Histórico de Tegucigalpa y Comayagüela



LIDIA ELIZABETH TORRES BERNHARD
Ingeniera
Honduras

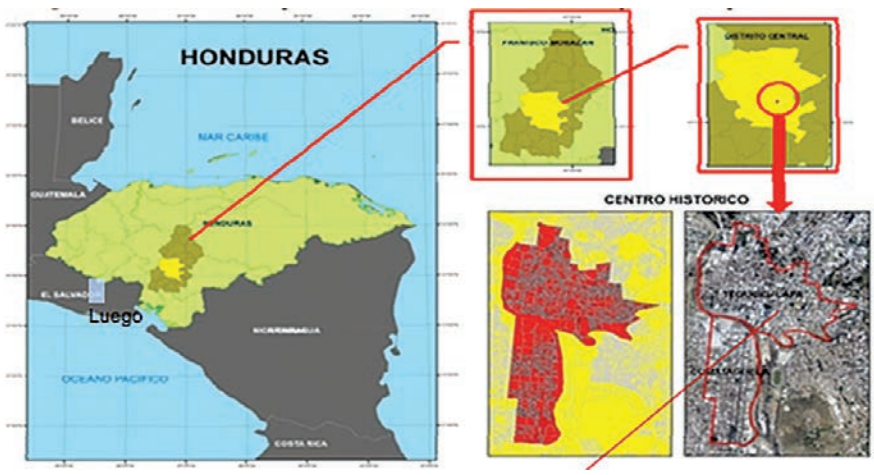
Honduras como parte de la región centroamericana se encuentra en una zona tectónica influenciada por la constante actividad entre placas, lo que aumenta la probabilidad de ocurrencia de terremotos, que pueden y han llegado a causar en la región, grandes pérdidas en vidas tanto como en lo económico, dado que las estructuras son por lo general altamente vulnerables por diversos factores.

Por tanto la caracterización y el estudio del comportamiento dinámico de los suelos es una temática a considerar muy importante, en la evaluación del riesgo sísmico. El trabajo tiene como finalidad analizar la respuesta sísmica de los suelos que conforman el centro histórico del distrito central de Honduras, conformado por las ciudades de Comayagüela y Tegucigalpa; esta última, capital del país.

En primer lugar, se presenta el análisis de los suelos del centro histórico de Comayagüela a través del método de razón espectral H/V mayormente conocido como método Nakamura, el cual nos arroja datos importantes como son la frecuencia fundamental, amplitud relativa (Fo, Ao) y los períodos dominantes, datos que nos sirven para determinar el modo de vibrar de los suelos y establecer una relación con el modo de vibrar de las estructuras existentes tanto como definir lineamientos para futuras edificaciones, para el logro de una microzonificación.

Luego se estimaron las velocidades de onda cortante para cada perfil analizado en este estudio, a través del método de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW siglas en inglés); con el cual se logró la clasificación de los suelos del centro histórico del distrito central, basándose en la Norma NEHRP (National Earthquake Hazards Reduction Program, 1997) de la BSSC (Building Seismic Safety Council).

Finalmente y a través de la obtención de las velocidades de ondas de corte (Vs) y ciertos parámetros geotécnicos, se estimaron los espectros de respuesta para cada perfil analizado, mismos que posteriormente se comparan con los espectros de diseño recomendados en el nuevo código Hondureño de construcción (2010).



Evaluación del riesgo ante movimientos de ladera en al casco urbano del municipio de San Nicolás, departamento de Estelí



MABEL JAQUELINE GONZALEZ GONZALEZ
Arquitecta
Nicaragua

El estudio se encuentra en el municipio de San Nicolás departamento de Estelí, siendo el sitio de interés el casco urbano que está dentro de una micro cuenca que pertenece al río Quebrada Grande; por las condiciones físico-naturales y antrópicas presenta riesgos ante movimientos de laderas. Para poder determinar el riesgo ante movimientos de ladera se analizaron dos componentes la susceptibilidad y la vulnerabilidad.

La amenaza no fue analizada en este estudio debido a la falta de información para poder obtener los periodos de recurrencia en consecuencia se realizó la susceptibilidad en sustitución de la amenaza; la susceptibilidad se determinó por medio de la sumatoria de cuatro variables como son: la pendiente, geomorfología, litología y usos de suelo.

El territorio en estudio obtuvo como resultados de susceptibilidad ante movimientos de laderas que el 34% es moderada, seguido de la muy alta con un 30%. Lo que demuestra que el territorio presenta un nivel de peligro igualmente alto. Porque sus puntos de muy alta susceptibilidad son múltiples y lo rodean.

La vulnerabilidad fue obtenida mediante la sumatoria de cuatro componentes, los que se subdividen en veinticuatro subcomponentes; menos los indicadores de resiliencia.

De los componentes que presentaron mayor índice de vulnerabilidad: del medio físico o medio construido- la red de drenaje; ya que no hay tratamiento para las aguas superficiales, además la red de drenaje se desarrolla muy cerca de las zonas pobladas. El otro aspecto es la falta de tratamiento de desechos sólidos y líquidos que son una fuente de contaminación por su mal manejo.

En el componente económico, la vulnerabilidad se ve acrecentada debido al bajo ingreso económico de sus habitantes y altos índices de desempleo; conllevando a que exista un pobre desarrollo en la aplicación de normas y retiros agrícolas que son irrespetados con el objeto de sustentar sus necesidades básicas. Al multiplicar ambos factores tanto de susceptibilidad y de vulnerabilidad, se desprende que 17 edificaciones y el cementerio están ubicadas en lugares de alto a muy alto riesgo.

Susceptibilidad a movimientos del terreno sector Norte de San Salvador



NÉSTOR PONCE
Ingeniero
El Salvador

En El Salvador los movimientos del terreno han causado muchas pérdidas, tanto económicas como humanas; el estudio de estos procesos es de suma importancia para su comprensión y para reducir sus impactos, por tanto, es necesario contar con metodologías sencillas y rápidas para su análisis.

El estudio consistió en implementar una metodología sencilla y económica la cual permite evaluar la susceptibilidad ante movimientos de terreno del municipio de San Fernando, Chalatenango, El Salvador; dicha metodología combina factores condicionantes como: Geología, Geomorfología, Pendiente, Fracturación, los cuales al transformarlos de un formato vectorial a Raster y asignando valores según tabla de susceptibilidad determinada, y con la ayuda del programa ArcGIS 9.3, mediante la opción Raster Calculator, la cual permite realizar una suma de variables dando como resultado final el mapa de susceptibilidad ante movimientos de terreno.

Evaluación de riesgo ante inestabilidad de laderas en el casco urbano del municipio de Pueblo Nuevo, Estelí, Nicaragua



SENEYDA BEATRIZ MÉNDEZ AMADOR
Licenciada
Nicaragua

El estudio se llevo a cabó en el municipio de Pueblo Nuevo, dentro de la micro cuenca Quebrada Arriba, en la parte baja, siendo el sitio de interés el casco urbano del municipio, el cual abarca un area de 5km^2. Algunos puntos presentan pendientes abruptas de 36 a 90 grados y el pueblo se encuentra rodeado por cerros con un alto grado de deforestación, generando erosión con la escorrentía, una vez que ocurre fuertes precipitaciones, lo cual propicia las condiciones mínimas para la ocurrencia de movimientos de laderas que pueden afectar a la población del área de estudio.

Es importante mencionar que en la actualidad una parte de la población se ha asentado en las laderas de los cerros que pueden ser afectados por movimientos de ladera. En este estudio, el riesgo al movimiento de ladera fue analizando a través de dos componentes de susceptibilidad y vulnerabilidad.

A falta de períodos de recurrencias, no se pudo analizar la amenaza, por lo que sustituyó el término de amenaza por susceptibilidad, la que fue determinada por medio de sumatoria de 4 variables: pendiente, geomorfología, uso de suelo y litología.

Los resultados de la susceptibilidad ante movimientos de laderas presentan que el valor de muy alta en toda el área es mínima en un 1%, el 28% representa a la susceptibilidad alta y baja, en mayor porcentaje se encuentra la moderada con un 43%.

La vulnerabilidad se obtuvo de la sumatoria de 4 componentes, los que a su vez se subdividen en subcomponentes, menos los factores de reducción de la vulnerabilidad. Obteniéndose los siguientes resultados en las 10 zonas urbanas la vulnerabilidad es moderada, en las zonas no urbanas tres de ellas es baja y tres moderadas.



Para el riesgo de inestabilidad de laderas el 1% se encuentra en alta, 29% en moderada y el 70% es bajo, lo que indica el riesgo alto es mínimo para el casco urbano.

En el mapa de riesgos alto no es en toda la zona, sino en cuatro de ellas de las cuales 3 pertenecen al casco urbano, habiendo elementos expuestos personas, las viviendas cercanas a los movimientos u otros componentes como las carreteras en el caso de la zona 14.

Evaluación de la vulnerabilidad urbana del barrio “San Luis” en el distrito IV - Managua, mediante la aplicación de los factores de la amenaza sísmica y los efectos colaterales para el sector vivienda



YADIRA PATRICIA TABLADA NAVARRETE
Arquitecta
Nicaragua

El presente estudio se realizó en el barrio San Luis, que pertenece administrativamente a la Delegación territorial del Distrito IV del Municipio de Managua, el cual se encuentra amenazado por la falla geológica de Chico Pelón, clasificada como Falla geológica activa principal, la cual atraviesa de sur a norte, además pasan ramales los cuales no son comprobados.

El objetivo general de la investigación es evaluar la vulnerabilidad urbana mediante la aplicación de los factores de la amenaza sísmica y los efectos colaterales para el sector vivienda. Para realizarlo se utilizó como insumo la metodología del nivel de vulnerabilidad urbana global ante sismos (2004, Izaguirre) la que fue modificada y adaptada para efecto de la investigación. Para aplicación y modificación de esta metodología se realizaron los siguientes procesos:

- Se levantó una muestra de 150 encuestas en todo el barrio, con las cuales se obtuvo el componente físico medio construido y el componente ingreso, los cuales servirán como insumo para determinar la vulnerabilidad urbana del área de estudio.

- El levantamiento de los componentes de sismo (amplificación y aceleración) que consistió en el levantamiento de datos en el campo y se realizó mediante una red que cubrió el área con un total de 35 puntos de mediciones del ruido a través del uso de acelerógrafos. Los puntos de medición, están separados 200 metros entre sí, esto es cada dos cuadras aproximadamente. Los registros obtenidos de cada punto fueron procesados y analizados con el método de NAKAMURA, utilizando el programa DEGTRA. Obteniendo como resultado la respuesta dinámica del suelo. El Barrio San Luis se dividió en 4 zonas, de acuerdo a la concentración de la población y uso de suelo para aplicar la metodología de vulnerabilidad urbana global ante sismo.

Como resultado del estudio se obtuvo que las zonas 1, 2, y 4 presentan una vulnerabilidad media, de acuerdo a la metodología aplicada en esta investigación, la ponderación global del nivel medio está entre el rango de $96 \leq NV < 180$ y las posibles pérdidas y daños ante un sismo de magnitud igual o mayor de 6.2° en la Escala de Richter, serian: pérdidas del 50% de las edificaciones, fisuras en las construcciones y en varios elementos estructurales.

La zona 3 presenta una vulnerabilidad muy alta, de acuerdo a la metodología aplicada en esta investigación, la ponderación global del nivel muy alto está entre el rango de $266 \leq NV < 350$ y las posibles pérdidas y daños ante un sismo de magnitud igual o mayor de 6.2° en la Escala de Richter, serían: colapso parcial o destrucción total de las edificaciones, aún las sismo resistentes diseñadas con las Normas de construcción. Daños severos en puentes vehiculares y peatonales.

Plan escolar de gestión de riesgo para el C.E.B.G La Compañía, corregimiento del Valle de Antón, Panamá

YARELIS YAMILETH SÁNCHEZ SÁNCHEZ
Licenciada en Geografía
Panamá



El propósito de esta investigación es la elaborar un plan escolar de gestión de riesgos para el C.E.B.G La Compañía, ubicado en el corregimiento de El Valle, República de Panamá. Valorando la importancia que representa generar un producto a nivel de educación primaria que permita mejorar las fortalezas de la comunidad educativa, ante situaciones de desastres o emergencias en esta importante región del país, que por sus características fisiográficas se encuentra expuesta a múltiples amenazas.

Para realizar este proyecto fue preciso incorporar dos parámetros importantes que fueron: el análisis de escritorio que comprendió la utilización del enfoque social implementado por Gustavo Wilches Chaux y el trabajo de campo como herramienta fundamental que permitió conocer las dinámicas del espacio geográfico donde se localiza el plantel educativo.

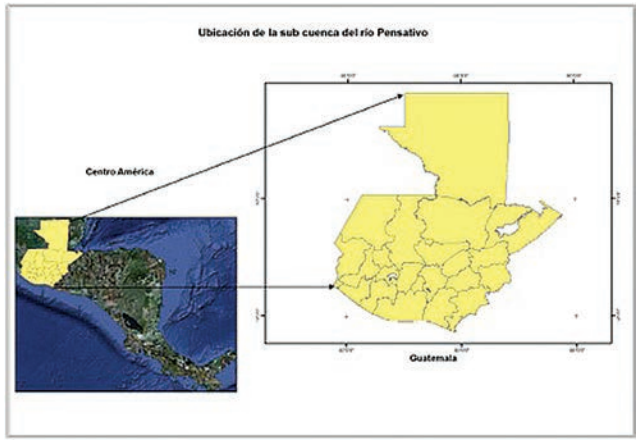
Este estudio reveló deficiencias en el diseño de las estructuras importantes en el área de los baños, igualmente se observó la carencia en la construcción de drenajes de agua pluvial dentro del plantel, lo que aumenta la probabilidad de inundaciones dentro de las aulas, la insuficiencia y la poca disponibilidad de recursos para hacer frente a una situación de desastres o una emergencia. En la parte social, se valoró la poca contribución e intervención que ejercen las autoridades locales con respecto al tema de la gestión de riesgos, específicamente la relación entre los actores locales (policía, bomberos, SINAPROC entre otros) y la comunidad educativa.

En general, producto de esta investigación se obtuvo resultados importantes que permiten a la comunidad educativa del C.E.B.G. La Compañía conocer sus debilidades a nivel de plantel y transformarlas en fortalezas, a través de la intervención directa de los componentes del riesgo.

Evaluación de la amenaza por inundación en el Centro Histórico Colonial de la Ciudad de Antigua Guatemala, municipio de Antigua Guatemala, departamento de Sacatepéquez, Guatemala



ALFREDO MIRÓN NAJERA
Ingeniero Agrónomo
Guatemala



La república de Guatemala, dada sus características topográficas y climáticas es susceptible a la formación de eventos extremos, como precipitaciones intensas y crecidas, aunado a la degradación de los recursos naturales en la mayoría de las cuencas del país, aumentando la vulnerabilidad de la población ante este tipo de eventos. Se estima que un total de 4,470 km^2 son áreas susceptibles a ser inundadas, siendo la vertiente del Océano Pacífico la que presenta la mayor ocurrencia de eventos. La preocupación en el país por el efecto de las inundaciones se incrementó posteriormente al ciclón tropical Mitch en el año de 1998, surgiendo la necesidad de adoptar e implementar sistemas de alerta temprana.

Dentro de las metodologías nuevas de estudio, se ha estado implementando el Método Geomorfológico Integral, el cual toma como punto de partida las formas del terreno, lo cual hará que la cuenca tenga un comportamiento hidráulico e hidrológico característico con respuestas diferentes, para lo cual se hace necesaria la reconstrucción de eventos extraordinarios por medio de evaluaciones hidráulicas e hidrológicas contando con la ayuda de las personas que puedan haber resultado perjudicadas por dichos eventos.

El propósito del presente estudio, fue implementar dicha metodología al estudio de eventos extremos y comprobar si es aplicable a las condiciones naturales de la cuenca del Rio Pensativo, para evaluar la amenaza a inundaciones. Dicha metodología permitió determinar que la amenaza a inundaciones dentro de la cuenca es casi nula, debido a que las comunidades asentadas cercanas al punto de aforo se encuentran asentadas en las Terrazas Primarias y debido a que se modificó el cauce original del río Pensativo, la amenaza es latente pero, para el Centro Histórico Colonial de la ciudad de Antigua Guatemala.

Se consultó con expertos en el tema, para superponer la información generada en los mapas de inundabilidad, para lo cual se utilizaron los criterios geomorfológicos, antropicos, hidrológicos, hidráulicos y topográficos, determinando que la zona cercana al posible cauce antigua es la que tiene la mayor amenaza a inundaciones, ya que la morfología de la tierra lo permite, se determinó el punto donde posiblemente llegaba el río Pensativo que también es una zona altamente amenazada.

Se comprobó que el monitoreo de las condiciones hidrometeorológicas dentro de la cuenca se hace necesario, por lo que se sugiere un Sistema de Alerta Temprana –SAT- pero con acción interinstitucional entre CONRED, INSIVUMEH y la Municipalidad de la Antigua Guatemala, pero, para ello se hace necesario también el fortalecimiento de la cultura de prevención y la participación activa de la población como agentes multiplicadores de la cultura de prevención.

Gestión de riesgo con enfoque en ordenamiento territorial en el casco urbano del municipio de San Nicolás, Estelí

MARTHA ALICIA PAIZANO
Nicaragua

En el casco urbano del municipio de San Nicolás se presentan movimientos múltiples de laderas como: deslizamientos translacionales, rotacionales, complejos; también hundimientos, separaciones laterales y caídas de detritos (González M., 2011), poniendo en riesgo la vida de los pobladores. Debido a la relevancia que supone esta amenaza, el estudio está enfocado en la reducción de los riesgos provenientes de los deslizamientos.

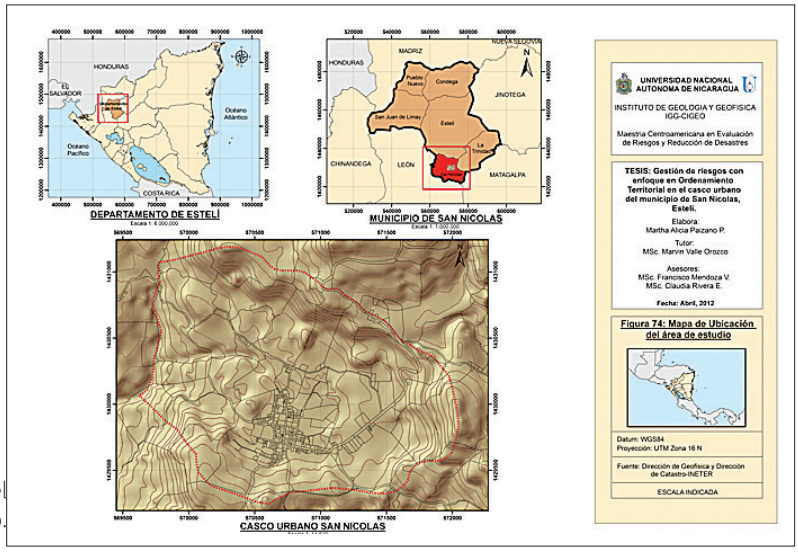
El objetivo del estudio es elaborar un Plan de Gestión del Riesgo con enfoque en Ordenamiento Territorial en el casco urbano del municipio de San Nicolás en el departamento de Estelí. En la metodología utilizada ha sido fundamental la incorporación de la legislación y normativas vigentes en el país en el tema de gestión y ordenamiento territorial.

Se tomaron los resultados del estudio de riesgos ante inestabilidad de laderas elaborado por González M. (2011) en la misma área de estudio, cuyo principal resultado fue un mapa de riesgos, el cual fue un punto de partida para la realización de la zonificación territorial.

El plan contiene los ejes de desarrollo con enfoque a la reducción de desastres sobre los que se pretende actuar: económico, social, institucionalidad y desarrollo de capacidades, ordenamiento territorial y medio ambiente. El enfoque de este Plan de Gestión del riesgo es hacia el ordenamiento territorial, por lo que el eje de mayor importancia es ordenamiento territorial y medio ambiente, el cual fue desarrollado con mayores detalles. Es en este eje donde se integra el ordenamiento territorial en el plan de gestión; se propone la zonificación del territorio en función al riesgo por movimientos de laderas.

En la zonificación se propusieron ocho zonas, tomando en cuenta el contenido del Decreto 78-2002: De Normas, Pautas y Criterios para el Ordenamiento Territorial: Zona de vivienda de baja densidad, Zona no apta para asentamientos humanos, Zona urbana de expansión, Zona urbana de consolidación, Zona suburbana, Zona para recreación, Zona agrícola con limitaciones y Zonas de protección natural, que en este caso está constituida por: Zona de protección hídrica, Zona de protección de laderas y Zona de protección de biodiversidad.

Además de la zonificación territorial, se realizó la propuesta del proyecto de reubicación de edificaciones que se localizan en zonas de riesgos, y del proyecto de estabilización y protección de laderas, lo cual es fundamental para garantizar la seguridad de los habitantes afectados.



Mapa de ubicación del área de estudio.

Estudio del período fundamental de vibración del suelo de la zona Centro-Norte de la ciudad de Santa Tecla, a partir de la medición de vibración ambiental y ondas superficiales (MASW)



FRANCISCO ANTONIO BARAHONA ESCOTO
Licenciado en Física
El Salvador

Durante los meses de octubre y noviembre del 2011, se realizaron mediciones de vibración ambiental por medio de un acelerómetro modelo ETNA de Kinemetrics (Propiedad de SNET) en 135 puntos de observación distribuidos en la parte centro-norte de la ciudad de Santa Tecla, El Salvador, Centroamérica; en este mismo período se registraron ondas superficiales según 5 perfiles ubicados en las zonas norte, centro y sur de Santa Tecla, utilizando para ello, un equipo propiedad del CIGEO/UNAN, Managua y la técnica de Análisis Multicanal de Ondas Superficiales (MASW).

El objetivo de este trabajo es ampliar el estudio de ruido ambiental realizado en la zona Centro-Sur de la Ciudad de Santa Tecla (Henríquez, 2011), hacia la zona norte de la ciudad y complementarlo con el análisis de ondas superficiales por medio de la técnica MASW.

Los datos de ruido fueron procesados por medio del programa Fourier y los datos de ondas superficiales con el programa Surfseis2 (MASW)

Los resultados de ruido ambiental presentan dos familias que caracterizan la zona: La familia 1, conformada por puntos de observación con periodos de vibración fundamental de 0.1 seg y la familia 2, constituida por puntos que no evidencian el período de vibración fundamental.

Los resultados obtenidos con la técnica MASW generaron 5 puntos con velocidades de onda S (Vs) y profundidades de los estratos en el rango de 6 a 10 m.

Este trabajo de tesis presenta la microzonificación sísmica de los sectores Centro – Norte y Centro – Sur de la ciudad de Santa Tecla a partir de los periodos de vibración fundamental de suelo. Los resultados de este trabajo podrían servir de base para orientar la ejecución de diferentes intervenciones, relacionadas con la reducción del riesgo sísmico en ciudades de El Salvador.

Evaluación de períodos fundamentales de vibración de suelo para el área centro sur de la Ciudad de Santa Tecla, El Salvador



BENANCIO HENRIQUEZ
Licenciado en Física
El Salvador

La evaluación del efecto de sitio para lugares con amenaza sísmica es importante, porque puede contribuir a mejorar la normativa de construcción existente y evitar posibles daños en los futuros terremotos. Este estudio evalúa la vibración ambiental de la zona Centro - Sur de la ciudad de Santa Tecla, para determinar por medio de la técnica de Nakamura (Nakamura, 1989) los períodos fundamentales de vibración del suelo.

Tiene como objetivo presentar una propuesta (mapa) de microzonificación de la región Centro-Sur de la ciudad de Santa Tecla con base al tipo de respuesta de la razón espectral (H/V) obtenida por punto de observación.

Se realizaron 135 mediciones distribuidas en el área de estudio con separación de 100 y 120 m entre los puntos (un punto en cada esquina de cuadra); cada medida de ruido ambiental se realizó durante un período de 5 minutos. Las mediciones se realizaron entre los meses de julio y septiembre de 2011 por medio de un acelerómetro modelo ETNA de Kinemetrics.

Los datos de las mediciones de ruido ambiental se procesaron con el software Fourier (Kiminobu E., comunicación personal 2012) para determinar las gráficas de las razones espectrales H/V, período fundamental de vibración (To) y amplificación relativa del suelo (Ar); a los datos así obtenidos se les aplicó las técnicas estadísticas básicas para el análisis e interpretación de los resultados.

Dentro de los principales resultados de este estudio se tiene: a) propuesta de microzonificación del área de estudio dividida en tres zonas. La zona 1: con una combinación de puntos con períodos de vibración entre 0 y 0.25 s, donde la mayoría de puntos no presentan períodos característicos de vibración. Zona 2: con períodos entre 0.06 y 0.15 s, esta zona es la de mayor área y contiene los períodos que caracterizan a la zona de estudio y Zona 3: con puntos que no presentan períodos de vibración. b) El modo fundamental de vibración del suelo característico de la zona estudiada correlaciona con la existencia en superficie de rocas efusivas básicas- intermedias y piroclastitas subordinadas y c) La zona en general presenta amplificaciones relativas con un promedio de 2.9 veces con una desviación estándar de 0.8 veces, con valores mínimos de 1.6 y máximos de 4.4.

9.3
Aplicaciones en áreas de riesgo

Caso: San Marcos La Laguna, Sololá, Guatemala – Deslizamientos

Autor: Gamaliel Martínez

La pérdida de cobertura forestal que ha sufrido el municipio de San Marcos La Laguna debido a producción agrícola en la parte alta del municipio, la extracción de leña como recurso energético, altas pendientes e incendios, han propiciado que la erosión tanto eólica como hídrica se incremente, lo cual ha provocado que el suelo trasportado por efectos de escorrentía superficial o deslizamientos se azolve en el cauce del "río Seco", limitando la ejecución de obras hidráulicas y provocando inundaciones en la parte baja del municipio, lugar donde se encuentra asentada la cabecera municipal.

De acuerdo a lo anterior, el presente estudio plantea una "Propuesta de Ordenamiento de las áreas de producción agrícola, para reducir deslizamientos en el Municipio de San Marcos La Laguna Sololá", con el objetivo de determinar las potencialidades de uso del suelo para facilitar el desarrollo de los habitantes, mejorar el aprovechamiento de la tierra y la gestión pública, optimizar la organización y atención de su propia división territorial municipal; así como, orientar las actividades productivas, para que sean compatibles con la capacidad de uso de la tierra en este espacio geográfico para crear nuevas ventajas comparativas y competitivas dentro del contexto de sostenibilidad ambiental y buscar alternativas de aprovechamiento considerando las condiciones económicas y sociales para orientar la selección y adopción de las mejores opciones.

El municipio de San Marcos La Laguna fue fundado el 26 de abril de 1584 y cuenta con una extensión de 11 km^2. Se encuentra ubicado en la cuenca del lago de Atitlán, en el departamento de Sololá a 172 kilómetros de la ciudad capital y 50 kilómetros de la cabecera departamental (SEGEPLAN, 2009). Su elevación aproximada es de 1500 m.s.n.m. y se sitúa a una latitud de 14° 10´ y una longitud de 91° 16´ (J.B. Richards 1987). Colindan al Norte con Santa Lucía Utatlán, al Oeste con el municipio San Pablo La Laguna, al Este con Santa Cruz La Laguna y al Sur con el Lago de Atitlán.

Actualmente el municipio lo constituye el casco de la cabecera municipal y su territorio se divide en cuatro barrios denominados Barrio I (Xenima abaj), II (Chirij Juyu), III (Chinimaya) localizados al Sur del municipio a orillas del Lago Atitlán y Barrio Nuevo Chulema localizado al Oeste del municipio.

La geología del municipio de San Marcos La Laguna es de origen volcánico. Se cree que hubo tres ciclos de crecimiento volcánico hace 14 millones de años, en donde se formaron estratovolcanes, hubo erupciones cataclísmicas que provocaron la desaparición de algunos volcanes y nuevas formaciones hasta dejar la situación actual con el lago de Atitlán y los volcanes relativamente jóvenes de San Pedro (60,000 años), Tolimán y Atitlán (entre 30,000 y 40,000 años).



Según el Plan de Desarrollo Municipal los suelos dominantes son de tres tipos: los suelos Totonicapán (Tp) que conforman 3.81 km^2 de municipio, Camanchá (Cm) 3.44 km^2 y Tolimán (Tn) 1.94 km^2 (SEGEPLAN, 2009).

Los deslaves y derrumbes que han sufrido los pobladores de San Marcos La Laguna se deben a que el municipio se construyó en una hondonada[1] que desemboca en el lago de Atitlán, la cual en época de invierno transporta grandes cantidades de agua y sedimentos por la falta de cobertura vegetal, sobre uso del suelo y deficientes prácticas de conservación, contribuyendo todo esto en el azolvamiento del Lago de Atitlán.

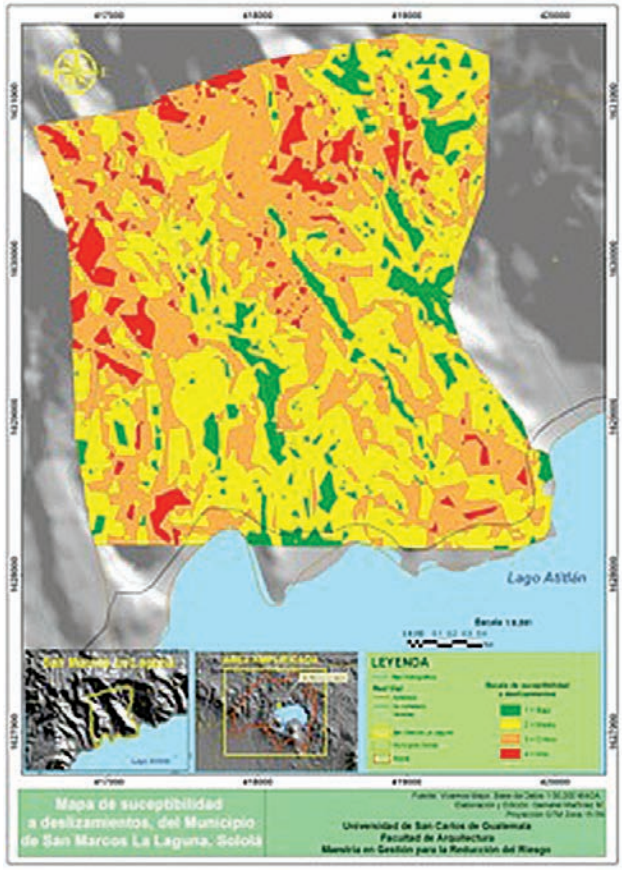
La primera corriente de agua se registró en los libros parroquiales en 1688, luego se reportó otra en el año de 1702, en el año de 1724 se produce la tercer corriente, la cual provocó gran cantidad de deslizamientos. En esos años el Alcalde Mayor de Sololá Juan Barreneche, obtuvo el permiso de la Real Audiencia para trasladar el pueblo a otro sitio, los pobladores escogieron el lugar denominado Uacujil, al cual se trasladaron en enero de 1725.



En octubre de 1949 en lo que entonces se consideraba el centro del pueblo, donde se asentaban los edificios públicos, fueron destruídos por una fuerte corriente de agua quedando únicamente la iglesia que había sido construida años antes. (PNUD, SEGEPLAN).

Según el PNUD y SEGEPLAN en el 2011 indican que el 4 de octubre del año 2005 San Marcos La Laguna, fue afectada por la Tormenta Tropical STAN afectando aproximadamente 150 familias.

Para la elaboración del documento fue necesario elaborar los siguientes mapas: 1.Unidades Fisiográficas 2.Capacidad de uso de la tierra utilizando la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos -USDA-, 3. Cobertura y uso actual del suelo, 4. Conflictividad, 5. Índice de susceptibilidad a erosión y 6. Propuesta de ordenamiento territorial.



La Capacidad de Uso de la tierra se realizó utilizando la metodología del Departamento de Agricultura de Estados Unidos -USDA- , con la cual se determinó que 36.46 hectáreas pertenecen a la clase III, 28.11 hectáreas a la clase V, 88.16 hectáreas a la clase VI, 718.27 hectáreas a la clase VII, 48.73 hectáreas a la clase VIII de los suelos de San Marcos La Laguna.

Utilizando una metodología modificada de Mora Vharson Mora, se estimó que el 43% del área del municipio de San Marcos La Laguna se encuentra en riesgo medio, el 37% en riesgo critico un 8 % en riesgo alto y un 12% en riesgo bajo a sufrir deslizamientos.

La propuesta de ordenamiento territorial, se realizó con el apoyo de autoridades Municipales, Organizaciones Civiles, Gubernamentales y no Gubernamentales, con el objeto que la información brindada por las entidades mencionadas anteriormente, sea devuelta a la población de San Marcos La Laguna a través de talleres participativos con cada unos de los grupos económicos existentes, para que tomen en cuenta los resultados obtenidos y sean considerados en la ejecución proyectos de desarrollo territorial.

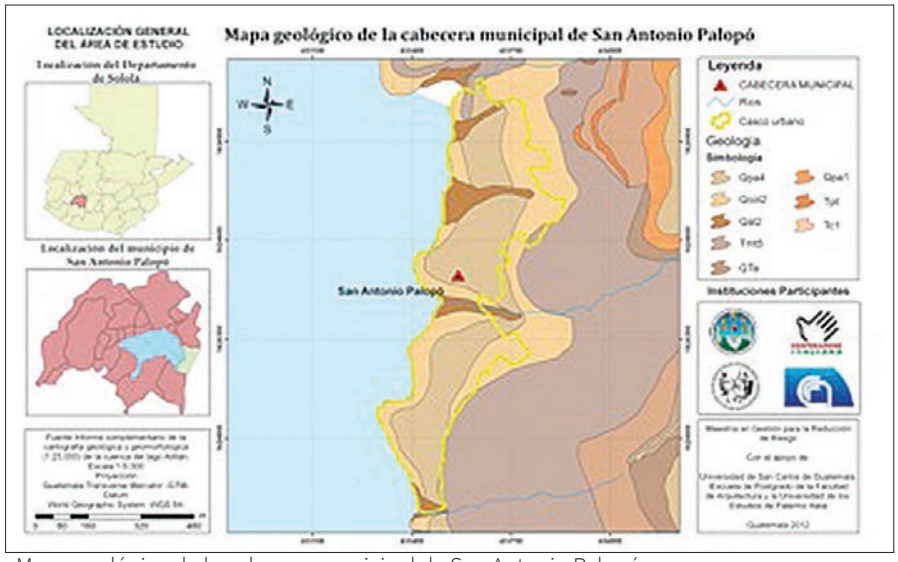
Considerando los alcances del presente estudio es necesario realizar estudios detallados de expansión urbana, planes de monitoreo hidrometeorológico y estudios de hidrología urbana.

[1] Hondonada: Espacio de terreno hondo, es una depresión, barranco.

Caso: San Antonio Palopó, Sololá, Guatemala – Inundaciones

Autor: Hector Montalvo

El municipio de San Antonio Palopó se encuentra ubicado en las márgenes surorientales del Lago Atitlán. Limita al norte con el municipio de Santa Catarina Palopo y San Andrés Semetabaj, al este con el municipio de Patzún, al sur con el municipio de San Lucas Tolimán y al oeste con el lago Atitlán. Desde un punto de vista geográfico, la zona occidental del municipio se sitúa en las laderas surorientales de la caldera Atitlán III, que rodean el lago Atitlán, y la zona oriental se sitúa sobre la parte alta de dichas laderas, que drenan a la cuenca del río Madre Vieja. Se trata de un material masivo, formado por cenizas volcánicas consolidadas, que dan lugar a capas de tobas con un grosor de más de 1,000 metros. La toba de María Tecún es probablemente la más voluminosa y extensa de todas las tobas existentes en el altiplano guatemalteco[1]. Se trata de un material de alta dureza con tonalidades pálidas rojizas a marrones, de baja permeabilidad, de muy alta cohesión, dureza y alta capacidad portante. Por encima de este material se encuentran depositados materiales pomáceos (Qpa) procedentes de la erupción de Los Chocoyos. Se trata de materiales areno-arcilloso, poco consolidados, con una alta porosidad, alta erosionabilidad y baja capacidad portante.



Mapa geológico de la cabecera municipal de San Antonio Palopó.
Fuente: Elaboración Propia

San Antonio Palopó, se encuentra ubicado sobre laderas con pendientes de más de 25º, la zona se encuentra conformada por abundantes quebradas que drenan desde la parte alta de la caldera, hasta el lago Atitlán, se trata de cauces fluviales de carácter estacional, formados por pequeñas cuencas, de alto desnivel, con poco tiempo de concentración (tiempo desde que una gota de agua entra en la parte más distal de la cuenca, hasta que sale de la misma), lo que provoca una muy alta velocidad del flujo.

Principal Amenaza

El 29 de mayo del año 2,010 Guatemala se vio afectada por la tormenta tropical Agatha[2], que provocó varios deslizamientos, arrasando numerosas viviendas y áreas de cultivos, las fuertes precipitaciones favorecieron el flujo de materiales a lo largo de los cauces existentes, provocando graves daños en viviendas, edificaciones e infraestructura. Sololá fue uno de los departamentos más afectados y que registra mayor número de muertes, ya que se reportaron 31 fallecidos; solo en el municipio de San Antonio Palopó hubo 19 muertes y cuatro desaparecidos.

En el 2005, cinco años antes, los pobladores del lago de Atitlán habían vivido una tragedia parecida con el paso del huracán Stan. Muchas de las obras de infraestructura que colapsaron durante Agatha, llevaban menos de un año de haber sido inauguradas o estaban por inaugurarse y con menos de dos días de lluvia continua quedaron destrozadas.

---

[1] Según el mapa geológico 1:50,000 de Sololá (S. Bonis, 1984) donde se encuentra ubicada la cabecera municipal de San Antonio Palopo, se sitúa sobre la denominada toba María Tecún (Tmt5).

[2] La tormenta tropical Agatha fue un débil aunque destructor ciclón tropical en el Este del Océano Pacifico. Primera tormenta de la temporada de huracanes en el Pacífico oriental de 2010 y la más mortal desde el huracán Paulina de 1997. Fuente: es.wikipedia.org/.../Tormenta_tropical_Agatha_ (2010)

De hecho, por la reciente experiencia del Stan, Agatha no tomó desprevenidos a sus habitantes ya que cada riachuelo, río o catarata suelen ser monitoreados periódicamente por ciudadanos y autoridades cada vez que el agua cae contínuamente. Este fenómeno, las inundaciones, se producen cuando lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo, la capacidad máxima de transporte del río o arroyo es superada y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos cercanos a los propios cursos de agua[3].



Ubicación de las áreas afectadas por la tormenta Agatha.
Fuente: Informe de reconociemiento post-tormenta Agatha
Miguel A. Hernández Moreno

Metodología aplicada

La metodología seleccionada, también aplicada en los sitios donde no se dispone de información hidrométrica de los cursos de agua del área de interés, centrándose en la amenaza, que está en función de la probabilidad de ocurrencia del fenómeno y de su intensidad. La intensidad a su vez se puede definir en función de la profundidad y la velocidad del agua, así como de la duración de las inundaciones. Por tanto, la definición de amenaza por inundaciones (en función del daño potencial), debe tener en cuenta, tanto la probabilidad o frecuencia de ocurrencia de la inundación, como los niveles o altura del agua.

Amenaza por inundación = *f* (intensidad x Probabilidad de ocurrencia)
Donde:
Intensidad = ***f*** (profundidad de agua, duración, velocidad)
Probabilidad = ***f*** (precipitaciones, eventos desencadenantes), (huracanes y tormentas), (cambio climático)

Se realizo un análisis de frecuencia hidrológica, que centró la atención en los valores anuales extremos; por ejemplo, el caudal pico en un sitio determinado. En general se consideraron dos interrogantes que se debe contestar mediante el análisis de frecuencia:

1. Cuál es la probabilidad de excedencia p (Q≥q0)
2. Cuál es la probabilidad de no excedencia q (Q<90)

Donde Q es el caudal o variable aleatoria en el sitio dado y q0 un caudal inicial preestablecido. La distribución de probabilidades de Q es, generalmente desconocida. Con el auxilio de funciones teóricas de frecuencia, se pueden calcular q y p. Estos valores; sin embargo, no indican el período de recurrencia en el cual se espera que ocurra un determinado evento. El período de tiempo promedio, expresado en años, en el que un evento Q ≥ q0 ocurra una vez, se le conoce como período de retorno (Tr). La relación entre q, p y Tr es:

$$Tr = \frac{1}{P} = \frac{1}{1 - q}$$

Como los fenómenos naturales dentro del campo de la hidráulica son tan complejos que no es fácil tratarlos únicamente con métodos matemáticos, se recurrió a una simulación hidráulica como herramienta en la obtención de soluciones prácticas. Los modelos hidráulicos requieren como principales variables de entrada caudales de diseño para diversos períodos de retorno (derivados de un análisis de crecidas en la cuenca), tipo y usos del suelo en la cuenca. Teniendo diversas aplicaciones, como lo son: delimitación de áreas inundables, niveles de inundación, transito de crecidas, control de avenidas, sedimentación y protección de obras, entre otras.

[3] FUENTE: Guías de Riesgos, lluvias e inundaciones. José Antonio Aparicio Florido. IAEM. Octubre, 2003

Aplicación del conocimiento

El objetivo principal de este análisis es que la población y a las autoridades tengan una herramienta de conocimiento, conteniendo el estudio hidrológico con la distribución espacial y temporal, las propiedades del agua y el impacto que genera en su suelo, con la representación cartográfica de la distribución espacial de los tipos y efectos que puede causar un evento adverso, de una intensidad definida, de acuerdo con el grado de vulnerabilidad de los elementos que componen el medio expuesto. Sin embargo, aunque existen los conocimientos y los datos básicos en forma de mapas, documentos y estadísticas, a menudo falta su aplicación en el contexto de la planificación para un desarrollo integrado.

En el estudio, la tormenta de diseño representa la lluvia que genera un caudal extremo con determinado período de retorno. Fue necesario determinar la tormenta de diseño que se aplicaría como variable para generar un hidrograma de tormenta. La lluvia de diseño se determinó de la siguiente maneras: se elaboró un hietograma de la lluvia observada en 24 horas, del día 30/V/2,010 en la estación Santa María El Tablón, Panajachel, Sololá durante el evento más reciente, tormenta tropical Agatha 29/V/2,010 al 30/V/2,010, representado con una distribución horaria cada 30 minutos, durante el evento extremo. La lluvia total observada en 24 horas en esa estación fue de 215.8 mm. Esta información es la prueba más obvia del potencial de inundación de esta área, además de los datos históricos, fue la identificación de los cauces fluviales estacionales y las áreas propensas a inundaciones, ahora trazadas en mapas de amenaza por inundación. Con esta información y este conocimiento podrían iniciar las autoridades el control y la prevención del asentamiento de viviendas en zonas identificadas como vulnerables o de riesgo, desarrollar su propio sistema de información geográfica, considerando los aspectos de una Coordinadora Municipal para la Reducción de Desastres COMRED en obras y concientización pública, promover la creación de sistemas de alerta y promover programas especiales en sitios donde se requiere del control, prevención o reacomodo de viviendas en alto riesgo. Complementándolo con estudios topográficos de varias secciones transversales de los cauces (indicando distancia y pendiente entre secciones), tipo y usos del suelo en la cuenca. Teniendo diversas aplicaciones, como lo son: delimitación de áreas inundables, niveles de inundación, transito de crecidas, control de avenidas, sedimentación, protección de obras, entre otras.

Dificultades encontradas

Desconocer los niveles que puede alcanzar la superficie del agua en los cauces fluviales estacionales de la cabecera municipal en San Antonio Palopó, impide delinear con exactitud el área correspondiente a la zona afectada por la inundación, así como la extensión lateral de la misma, lo cual es indispensable para evaluar el riesgo a que están sometidos los elementos del sistema socioeconómico en las zonas cercanas a los cauces. Se requiere una evaluación hidráulica del comportamiento de los cauces, considerando su condición natural bajo tres distintos valores de curva número, para determinar niveles y velocidades de flujo. Entonces la falta de información, la falta de registros hidrometeorologicos por estar limitados solo a la estación Santa María El Tablón, Panajachel, Sololá y la falta de registros históricos más allá de 1,993, dificultaron el estudio, comprometiendo su precisión al no tener datos suficientes de comparación estadística que afinaran los resultados.

Ha sido evidente desde hace muchos años la necesidad de elaborar una cartografía que delimite diferentes zonas de uso del suelo, restringiendo el derecho a construir en aquellas áreas que, como consecuencia de peligros naturales, puedan representar un elevado peligro para la seguridad de las personas. En Guatemala esta cartografía ha sido poco utilizada en los procesos de planificación urbana y ordenamiento territorial, contribuyendo así a un menor desarrollo de las ciudades hacia zonas seguras. Pero ¿qué ocurre cuando un territorio no ha sido delimitado con sus zonas de alta peligrosidad natural y sobreviene una catástrofe? ¿Pueden las autoridades delimitar el riesgo y posteriormente erradicar las construcciones ya emplazadas?

Lo que ahora debemos preguntamos es, si en San Antonio Palopó se van a definir o no las zonas de riesgo identificadas en este estudio como medida preventiva, o si se esperará a nuevos desastres para volver a poner en práctica un nuevo mecanismo de zonificación del riesgo. En mi opinión, es poco probable que el Gobierno de Guatemala, el Gobierno Municipal o el Gobierno Local utilicen algún mecanismo clausurando áreas de vivienda arrasadas por alguna catástrofe, ya que el desalojo de la población o el derribo masivo de edificaciones en estas zonas generarían enormes presiones sociales. Por ello, lo esperado es que se imponga un enfoque coyuntural de zonificación del riesgo, modulado por los límites de la aceptación social.

Caso: Evaluación del Riesgo ante movimientos de ladera en el Casco Urbano del Municipio de San Nicolás, Departamento de Estelí

Autor: Mabel González

Nicaragua en su región pacífica y central presenta riesgo ante movimientos de laderas, las que pueden causar desastres como el ocurrido el 30 de octubre de 1998; en el que se generó un flujo de detritos en el flanco sur del volcán Casita durante el huracán Mitch, causando la muerte de más de 2,000 personas, además de pérdidas en la infraestructura social y productiva del municipio de Posoltega. La presencia del fenómeno en el municipio de San Nicolás, departamento de Estelí, produjo deslizamientos en los taludes de carretera en aéreas en que las pendientes oscilan entre 35-45%; alrededor de cien viviendas sufrieron afectaciones y varias comunidades quedaron incomunicadas.

El casco urbano del municipio de San Nicolás presenta características que por su ubicación geográfica, geología, topografía, clima (eventos hidrometeorológicos de gran intensidad) lo condicionan para la inestabilidad de laderas que pudieran causar un desastre, siendo de gran utilidad determinar el nivel de riesgo y que este pueda servir en los procesos de planificación territorial y gestión del riesgo en el municipio.

San Nicolás se localiza a 25 Km de la ciudad de Estelí y 135 Km de la capital Managua. Tiene una extensión territorial de 163 Km^2; con densidad poblacional de 55 hab. / kms^2 (SINAPRED, 2003). El Municipio se encuentra localizado en la zona climática "zona tropical seca" que se caracteriza por una marcada estación seca de seis meses. El período lluvioso es el tradicional de Nicaragua, salvo el Caribe y parte del Río San Juan. La temperatura media anual oscila entre los 21°C y los 25°C. Las precipitaciones pluviales varían entre los 1000 a 1,400 mm anuales (INETER).

Geológicamente, el área está compuesta por rocas volcánicas de edad Terciaria, pertenecientes al Grupo Coyol y depósitos recientes del Cuaternario (Luna & León). Los depósitos más antiguos del Grupo Coyol, están representados por ignimbritas, andesitas, tobas dacíticas. Los basaltos cubren la mayor parte de la región, tienen aspecto de coladas lávicas en la parte Norte y Noroeste de la región, formando un relieve semi plano. En correspondencia con el Valle de Santa Clara los basaltos forman colinas suaves, mientras que los que afloran en la parte Oeste de la Planicie de Estelí, forman una cadena montañosa más accidentada. Las ignimbritas yacen sobre los basaltos, formando lentes discontinuas y generalmente se presentan fuertemente silicificadas.

Los depósitos del cuaternario son de tipo aluvial y coluviales. Los aluviales están representados por gravas, arenas, cantos rodados y arcillas localizados en la planicie de los ríos. Los depósitos coluviales se encuentran cubriendo las partes altas y laderas de las montañas.

La metodología empleada para la evaluación de la susceptibilidad, consistió en inspección por sitios, acompañado de la recolección de una muestra de 108 encuestas, con un 95% de confiabilidad; las que consisten en el llenado de fichas sociodemográficas y de percepción del riesgo. Asi mismo, se realizaron entrevistas en las diversas instituciones involucradas en los temas de gestión de riesgo y riesgo en si, como: Alcaldía Municipal, Ministerio de educación (MINED), Ministerio de Salud (MINSA) y otro tipo de organizaciones como Consejo del Poder Ciudadano (CPS), Visión Mundial, Juan 23, Iglesia Católica, Iglesia Evangélica Asambleas de Dios. La información recopilada no solo sirvió para determinar las sub-zonas de estudio, fue utilizada también para la determinación de la vulnerabilidad y evaluación de susceptibilidad.

Como unidades de estudio fueron identificadas nueve zonas, tomando en consideración los criterios de geomorfología, drenaje, homogeneidad en los usos del suelo y morfología urbana.

Basados en los resultados de la información recopilada de bibliografía y encuestas, el área de estudio está expuesta a las siguientes amenazas de origen natural:

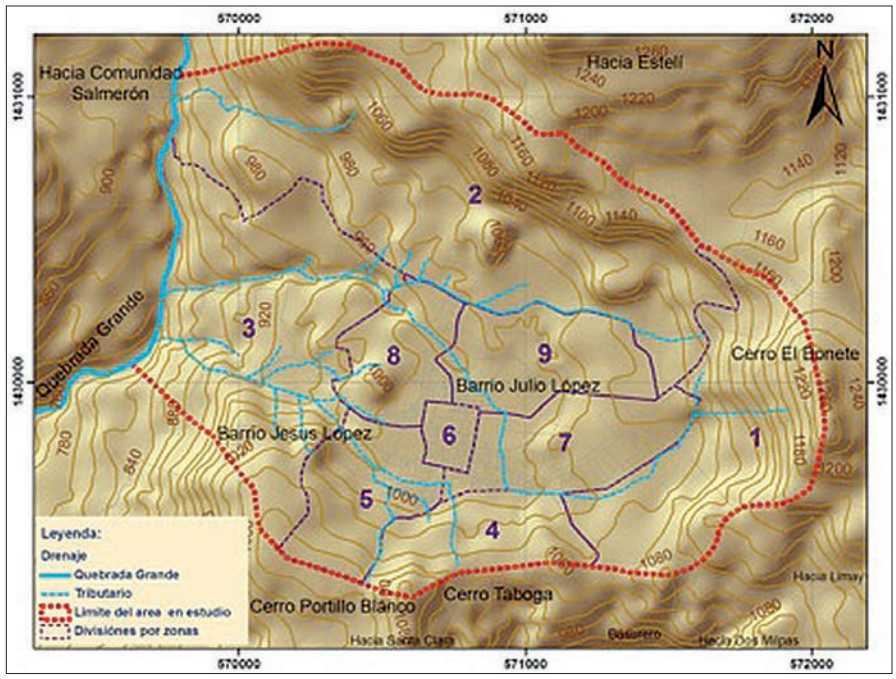
Movimientos de laderas: presenta amenazas a movimientos de laderas los que se ubican principalmente en los flancos de la caldera.

Inundaciones: se presentan sobre todo en el período lluvioso, existen problemas en sectores específicos del casco urbano como en la zona suroeste conocido comúnmente como la Base y Quebrada grande que en ocasiones incomunica a la comunidad los Salgados.

Sequías: está expuesto a la sequía de origen meteorológica, provocando severos daños a la producción agropecuaria. Al predominar suelos poco profundos, pedregosos y fuertemente escarpados en correlación con una mala distribución de las lluvias produce pérdidas considerables en la agricultura, acentuándose esta situación aún más en años con presencia del fenómeno El Niño.

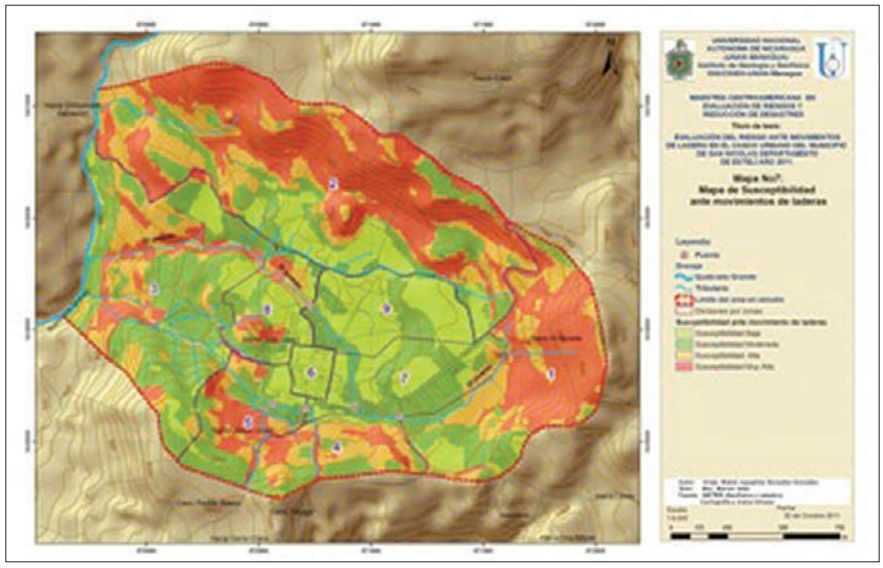
Sísmicas: según el Reglamento Nacional de la Construcción, Nicaragua es influenciada por la zona de subducción entre la placa Coco y Caribe y la región central del país tiene el nivel de amenaza sísmica media 1.5 - 2.4 m/s^2.

Vientos: afectan primordialmente a las viviendas que rodean la carretera de acceso principal, donde ya existió un incidente donde en una vivienda fueron arrancadas láminas de zinc.



Definición de zonas en el área de estudio.





Mapa de susceptibilidad.

Evaluación de la susceptibilidad

Susceptibilidad Baja:
Las zonas 7, 8 y 9 son las que presentan susceptibilidad baja ante movimiento de laderas. Los resultados están en concordancia con las pendientes en las que se ubican; que son de 0 a 10 grados; caracerizadas como las menos susceptibles de que ocurran movimiento de laderas a pesar de su uso de suelo). Existen sectores en las zonas 1, 2, 3, 5 con resultados bajos de presentar movimientos de laderas, lo cual está estechamente vinculado a las bajas pendientes.

Susceptibilidad Moderada:
La zona 6 se ubica dentro de esta clasificación, el resultado obedece más que todo a la sumatoria de pendientes y al uso de suelo, por lo que debe reconsiderarse, ya que un uso de suelo netamente urbano, ubicado sobre pendiente de llanuras; remotamente puede causar movimiento de laderas, siendo necesario reclasificar este resultado de susceptibilidad de Modera a Baja. Los resultados obtenidos en la zona 7 y 9 con este tipo de suscetibilidad, no serán reclasificados aunque sus pendientes sean bajas, debido al drenaje que atraviesa estas zonas. En las zonas 3, 8 se desarrollan deslizamientos traslacionales de suelos. Otras zonas que presentan susceptibilidad moderada es la 3, 5 y 4, en parte debido al tipo de cobertura de suelo, que es boscosa. Así mismo, en las zonas 1 y 2 se puede encontrar Moderada susceptibilidad, sin embargo están ubicados en la misma dirección de recorrido de los movimientos de laderas de la zona de suceptibilidad Muy Alta.

Susceptibilidad Alta:
Se encuentran a manera de manchas en todas la zonas a excepción de la zona 7 y 9. Su existencia se debe en muchos casos al tipo de cobertura del suelo, como bosques y al tipo de pendiente, que es baja a moderada. La susceptibilidad Alta, bordea o está junto con la suscpetibilidad Muy Alta, es decir, de modificar el uso de suelo en las partes donde existe bosques, la susceptibilidad Muy Alta cubrirá mayor territorio, aumentando su peligrosidad.

Susceptibilidad Muy Alta:
Las zonas más susceptibles son la 1 y 2, en correspondencia con las altas pendientes, litologia, geomorgología. El uso de suelo no es un factor determinante para definir la susceptibidad Muy Alta, ya que estas zonas en su mayoría se encuentran recubiertas de bosques desarrollados. Las zonas 4 y 5 presentan este tipo de susceptibilidad debido al uso de suelo; en contradicción con las anteriores, las pendientes aquí son de Moderada a Altas, por el tipo de uso de suelo que se le está dando, como son los cultivos perennes. La zona 3 presenta susceptibidad alta en su parte oeste, debido al tipo de sub-unidad geomorfológica de origen fluvial; también el sector del drenaje El Puente se ve afectado por las pendientes y la sub-unidad geomorfológica presente. La zona 8, el montículo presenta Muy Alta susceptibilidad, debido a la presencia de alta pendiente y Sub-unidad geomorfológica.

Cálculo del Riesgo
El riesgo (R) está en función de la amenaza (A) o peligro y del nivel de vulnerabilidad (V) a que se está expuesto. Estos dos factores son dependientes entre sí, no existe amenaza si no hay elementos físicos o ambientales o miembros de un grupo social expuestos a la misma (vulnerables). Igualmente, no existe vulnerabilidad cuando no está presente ninguna amenaza. (PREDECAN & GTZ, 2005).

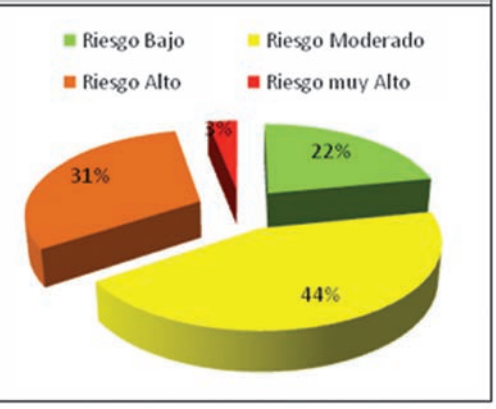
La región en estudio está expuesta a diferentes tipos de amenazas de origen natural como movimientos de laderas, inundaciones, sequías, sísmica, vientos, otros, y tienen un nivel de vulnerabilidad; por ende existen riesgos de origen natural de cada uno de los mencionados. El tipo de riesgo que se presenta a continuación es ante movimiento de laderas.

El cálculo del riesgo se da primordialmente entre la amenaza y la vulnerabilidad, habiendo la variante de que en este estudio se sustituye la amenaza por la susceptibilidad; esto debido a la falta de información de los períodos de recurrencia, siendo los elementos que interactúan en este caso: la susceptibilidad por la vulnerabilidad.

El resultado de la susceptibilidad muestra que la mayor tendencia a sufrir movimientos de ladera es la parte Norte, Noreste y Sur del área de estudio; y si estos llegasen a ocurrir, la dirección del movimiento sería en dirección a las partes bajas en las que se ubica el poblado.

La vulnerabilidad es baja solamente en la zona 4 y es alta en las zonas 3 y 5, el resto de zonas poseen vulnerabilidad moderada. De la multiplicación de los elementos vulnerabilidad por la susceptibilidad se obtiene los siguientes resultados.

Tabla 1: Superficie ocupada según el nivel de riesgo ante movimiento de laderas

Niveles	Valores de la multiplicación	Superficie en Km^2	Porcentaje de cobertura
Riesgo Bajo	< 96	0.7	
Riesgo Moderado	97 y 160	1.4	
Riesgo Alto	161 y 224	1	
Riesgo muy Alto o severo	>225	0.1	

El mapa resultado incluye el riesgo en todas las áreas; no solo en los lotes donde se encuentra la infraestructura y edificaciones, es importante incluir toda el área de estudio porque en ellas se desarrollan actividades económicas o bosques que son elementos condicionantes ante movimientos de laderas, tanto de la vulnerabilidad como de la susceptibilidad. Un 44% del territorio corresponde al Riesgo Moderado, seguido por el Riesgo Alto con un 31%; en menor porcentaje se expresa el Riesgo Bajo con 22% y el Riesgo muy Alto con 3%.

Riesgo Bajo: La zona 4 está en su totalidad dentro de la clasificación de riesgo bajo y esto es el resultado primordialmente de los valores bajos que posee de vulnerabilidad; no así en la susceptibilidad. Sin embargo esto no significa que esta zona puede ser utilizada como un área para futuro crecimiento urbano, ya que se incumpliría con el Artículo 39 del DECRETO No. 78-2002. Además, el cambio en uso de suelo aumentaría la susceptibilidad de que ocurran movimientos de laderas. Al centro de la zona 9 y en algunos sectores de la zona 1, 7 y 8 se puede encontrar el riesgo bajo, cuyo resultado se encuentra influenciado por los resultados que obtuvieron en susceptibilidad.

Riesgo Moderado
La zona 6 está en un 100% dentro del riesgo moderado, debiéndose a los valores que se obtuvieron en la vulnerabilidad. Existen zonas que de manera parcial poseen este resultado como la zona 1, 2, 3, 5, 8 y 9; la razón en estos casos se debe a los valores de la susceptibilidad, en relación al grado de pendiente.

Riesgo Alto:
El riesgo Alto de que haya afectación por los movimientos de laderas, se encuentra dentro de las zonas 2 y 1, ya que aquí la susceptibilidad ante movimiento de laderas es muy alta, no logrando estas zonas la máxima ponderación para considerarse riesgo muy alto o severo debido a que sus valores de vulnerabilidad son moderados. Las zonas 3 y 5 contiene estos valores, los que están junto o bordean los resultados de riesgo muy alto.

Dentro de la zona 3, existen tres viviendas que si bien el resultado indica que su nivel de riesgo es moderado, no refleja la situación de riesgo en las que estas se encuentran debido a su cercanía del drenaje superficial, el cual forma un cañón donde se están generando movimientos de laderas y además su grado de vulnerabilidad es Alto, por lo consiguiente estas tres viviendas fueron reclasificadas con el valor de riesgo Alto. Además se debe considerar que los movimientos de ladera cercanos a ellos están en plena formación al igual que en la zona 5, como en los deslizamientos traslacionales de suelo en el cementerio junto a él.

Riesgo muy Alto:
La zona 3 posee Riesgo muy Alto en las partes donde las pendientes son abruptas, principalmente en el sector oeste.

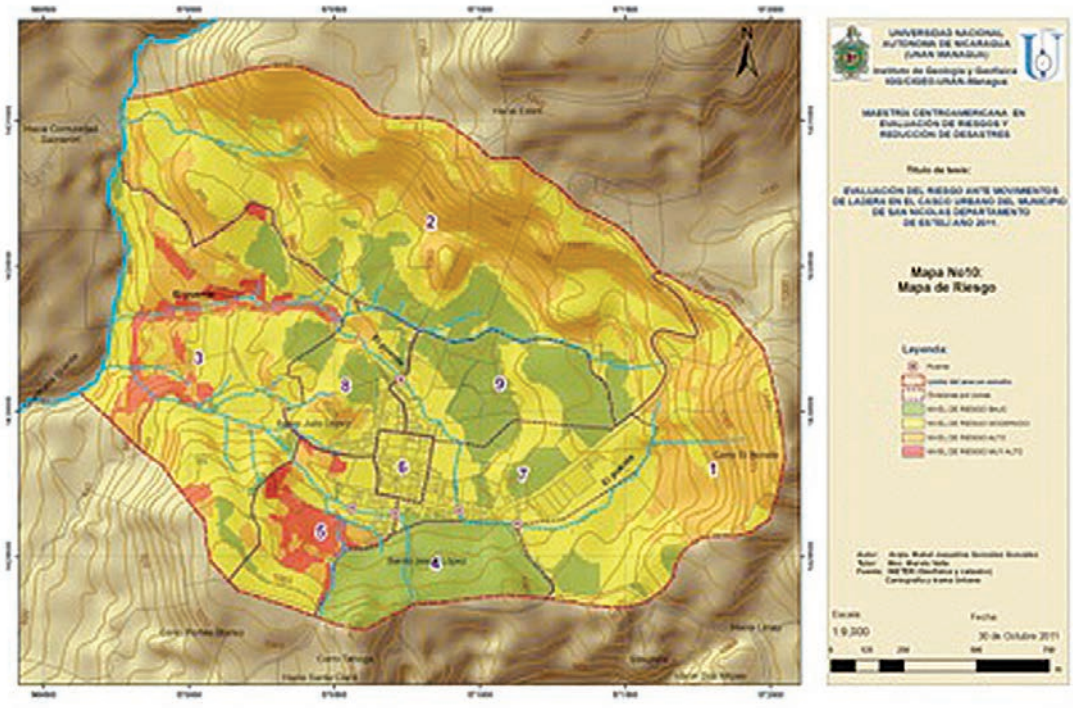
Otro sitio es el que bordea el río Quebrada Grande. En la zona 5 se ubican dos lugares, en su centro donde hay uso de suelo de cultivos y uso de suelo mixto, de vivienda y cultivo, y también en la parte norte del cementerio, siendo un punto crítico ya que representa siendo un factor de peligro a la salud pública de los habitantes.

Es decir que las 17 edificaciones y el cementerio, se encuentran en sitios que los hacen propensos a sufrir daños por encontrarse sobre áreas en las que se pueden dar movimientos de laderas.

En los resultados presentados anteriormente, no se aborda la dirección del movimiento de laderas y su cobertura; siendo necesario realizar estudios completos de geotecnia, dataciones radiométricas, un estudio geológico estructural etc. y de ocurrir movimientos de laderas su dirección es hacia las zonas pobladas, lo que dependerá del volumen inestabilizado de suelo, roca etc.

De este principio se puede obtener otro resultado en la evaluación del riesgo en el que todas las edificaciones están en riesgo Alto. Debido al sentido del movimiento de ladera, asimismo el casco urbano se ubica dentro de un antiguo cono volcánico del período del terciario y fallas geológicas del mismo período que debilitan la resistencia de la roca y facilita la meteorización de las mismas.

Por lo anteriormente expuesto, se elaboró un segundo Mapa de riesgo, de edificaciones en riesgo por dirección de movimiento de laderas. El mapa ilustra que todo el poblado está en Riesgo Alto, la aseveración no significa que el poblado será afectado de manera simultánea de ocurrir un evento, sino más bien que todo el territorio está propenso a que los movimientos de laderas puedan causarles perjuicios.



Mapa de Riesgo del área de estudio

Conclusiones

El área de estudio se encuentra dentro de los límites naturales de un antiguo cono volcánico de la época del terciario, que es una microcuenca del río Quebrada Grande, la cual presenta varias unidades geomorfológicas que son fácilmente identificables por medio de las pendientes, que en su mayoría van de 0 a los 20 grados. Las

pendientes de 21 a 90 grados en total representan una cobertura del 28% del territorio, sin embargo es en ellas donde se encuentran generalmente los movimientos de laderas.

Las litologías encontradas se pueden agrupar en dos, Coyol superior con los basaltos - andesitas y grupo Coyol inferior con ignimbrita – dacita. En los primeros se encuentra la mayoría de movimientos de ladera de mayor cobertura territorial y es donde se ubican las fallas geológicas del terciario; la ignimbrita – dacita presenta movimiento que tienden a crear movimientos de flujo y cubren menor territorio.

El uso de suelo es predominantemente agrícola, seguido por los bosques. La mayoría de los bosques se ubican dentro de las regiones de altas pendientes, siendo un factor de mitigación en contra los posibles movimientos de laderas; sin embargo la frontera agrícola sigue avanzando.

Los resultados obtenidos de la sumatoria de los factores, pendientes, geomorfológicos, litológicos y de uso de suelo, revelaron que las zonas de altas pendientes son las más susceptibles a causar los movimientos de laderas. Las zonas están ubicadas al norte, noreste y sur del área de estudio. En esos sitios no hay mucha población, pero se debe considerar que la dirección de movimiento, de existir uno o varios, es la misma donde se encuentran las zonas pobladas y su alcance dependerá del volumen inestabilizado.

Para determinar el nivel de vulnerabilidad en el territorio se realizó el análisis de 5 componentes de vulnerabilidad como son: medio físico o medio construido, económico, legal y jurídico, cultural y social. Los que a la vez se subdividen en total en 24 sub componentes.

De ellos, los que presentaron mayor índice de vulnerabilidad menos la zona 4 fueron: del medio físico o medio construido- la red de drenaje, ya que no hay tratamiento para las aguas superficiales, además la red de drenaje se desarrolla muy cerca de las zonas pobladas.

El cálculo de la vulnerabilidad que es la sumatoria de todos los subcomponentes, indicó que la vulnerabilidad presente en 8 de las zonas es alta. La zona 4 reflejó baja vulnerabilidad ya que aquí sólo tiene el uso de suelo para cultivos y bosques.

De la evaluación del riesgo se concluye que dentro del Riesgo Bajo se encuentra la zona 4 y en algunos sectores de las zonas 7, 8, 9; el Riesgo Moderado en la zona 6 y en partes de las zonas 1, 2, 3, 5, 7, 8, 9. El Riesgo Alto se ubicó mayoritariamente dentro de las zonas 1 y 2, en menor escala en la zona 3 y 5. El Riesgo muy Alto se ubicó en algunas porciones de la zona 3 y 5. De este resultado se desprende que 17 edificaciones y el cementerio están ubicadas en lugares de Alto a muy Alto Riesgo.

Recomendaciones

- Realizar levantamientos topográficos con intervalos entre curvas de 1 a 5 m de ser posible, con el fin de detallar mejor las irregularidades del relieve y enriquecer así los futuros estudios que se realicen.

- Para la realización de un mapa de amenaza en el que se indiquen los períodos de recurrencia de los movimientos de laderas, se deberán efectuar: cálculo de dataciones radiométricas, estudio geológico estructural, geotecnia en puntos críticos etc.

- Para no aumentar el grado de susceptibilidad ante movimientos de laderas, los bosques existentes se deberán conservar y es necesario que la frontera agrícola decrezca.

- Donde se están dando los deslizamientos tra slacionales de suelo, se deberá considerar la creación de barreras vivas para impedir su progresivo desarrollo.

- Dentro de las zonas que presentan susceptibilidad Alta a muy Alta, de preferencia no se deberán construir obras verticales y las horizontales considerándose medidas de mitigación que eviten que esto sea un factor condicionante y/o desencadenante para causar movimientos de laderas.

Para que el nivel de riesgo disminuya la vulnerabilidad también lo debe hacer, para ello se recomienda lo siguiente:

- El poblado deberá contar con un sistema de tratamiento de desechos sólidos y de aguas servidas, el cual deberá cumplir la evaluación de impacto ambiental.

- El sistema de red de drenaje superficial, debe contar con los retiros correspondientes y obras de ingeniería que no comprometan la seguridad ciudadana ni ambiental.

- Las actividades económicas que existan, deberán promover el desarrollo sostenible y sustentable del territorio.

- A toda costa se tiene que cumplir con el marco legal y jurídico existente en el país.

- La participación ciudadana no tiene que ser sesgada por las divisiones políticas existentes.

- Es necesario crear talleres donde se oriente a la población la forma correcta de construir.

- Realizar un plan de gestión de riesgo para el sitio en estudio.

Capítulo 10

APORTES Y SINERGIAS

CONTRIBUTI E SINERGIE

10.1

Ciudad de Guatemala: el riesgo es no pensar en el futuro

Città di Guatemala: Il rischio di non pensare al futuro

Por: Raúl Monterroso
USAC- Guatemala

La era urbana ha llegado. Hace poco más de un siglo el noventa por ciento de la población mundial vivía en pequeños pueblos o en el campo, era un mundo rural. Sin embargo, en la actualidad, según el BID, América Latina y El Caribe. Es la segunda región más urbanizada del mundo; en la actualidad 8 de cada 10 personas habitan en ciudades, no solo en las grandes ciudades ya conocidas, principalmente las capitales, sino en lo que actualmente se conoce como ciudades emergentes, a ese ritmo para el año 2050, 9 de cada 10 personas habitarán en una ciudad.

El modelo de desarrollo que actualmente rige al mundo es insostenible, el mismo se refleja en las ciudades, pues no es lo mismo el mal llamado crecimiento urbano, que desarrollo urbano integral con enfoque humano. La mayoría de ciudades han crecido principalmente por dos fuerzas, por un lado, un mercado inmobiliario que satisface la demanda únicamente del 20% de la población que es sujeto de crédito; y en contraposición, el resto de la población quienes, al ser excluidos por el sistema formal, al no ser sujetos de crédito, optan por ocupar informalmente un espacio, por lo regular residual, esta es la causa de la construcción informal, sin ningún tipo de control técnico que garantice la seguridad.

Para el caso de Guatemala, ya en el 2010 el 18% de la población nacional habita en la región metropolitana; sin embargo, es importante prestar atención al indice de crecimiento que presenta el Municipio de Guatemala, que para el 2008 era de 1.7% anual, cifra baja si se toma en cuenta que los municipios conurbados crecen a un ritmo del 6% anual, y el Departamento 16%. Para el año 2020 el Municipio de Guatemala crecerá 22%, mientras que Villa Nueva 55% y Mixco 44%, estos indicadores confirman que, como se ha señalado, el modelo de crecimiento continuará siendo de expansión hacia las periferias; no obstante, la oferta de trabajo, salud,

L'era urbana è arrivata. Poco più di un secolo fa il novanta per cento della popolazione mondiale abitava in piccoli villaggi oppure in campagna, era un mondo rurale. Ma ora, secondo il BID, l'America Latina ed i Caraibi costituiscono la seconda regione più urbanizzata nel mondo; ormai 8 di ogni 10 persone abitano nelle città, non soltanto nelle già note grandi città, specie le capitali, ma presso quelle che vengono riconosciute come città emergenti e se la crescita continua col medesimo ritmo, per l'anno 2050 di ogni 10 persone 9 abiteranno in una città.

Il modello di sviluppo che adesso è vigente pressoché in tutte le nazioni è insostenibile ed esso si riflette nelle città dato che la erroneamente chiamata Crescita Urbana non è per niente lo Sviluppo Urbanistico Integrale con Visione Umanista. La crescita della maggior parte delle città è dovuta soprattutto a due forze: Da una parte, un mercato immobiliare rivolto a soddisfare soltanto la domanda di quel 20% della popolazione che può accedere ai vari tipi di credito e, in contrapposizione, la rimanente popolazione che, essendo esclusa dal sistema formale dato che non può accedere alle forme di credito, è costretta ad occupare informalmente degli spazi, in genere residuali, generando dell'edilizia informale essente da ogni forma di controllo tecnico che possa garantire l'affidabilità.

Nel caso del Guatemala, già nel 2010 il 18% della popolazione nazionale abitava nella regione metropolitana; ma è importante, però, fissare l'attenzione sull'indice di crescita che presenta il Municipio di Guatemala che nel 2008 era dell'1,5% annuo, cifra bassa se si tiene in conto che i circostanti municipi che sono stati assorbiti dall'urbe crescono ad un ritmo annuo del 6%, e il Dipartimento (equivalente, grosso modo, a Provincia) cresce il 16%. La crescita del Municipio di Guatemala per l'anno 2020 arriverà al 22%, ma il Municipio di Villa Nueva raggiungerà il 55% e il Municipio di Mixco il 44%. Questi indicatori confermano che, come già detto, il modello

servicios, educación, comercio aún se ofrece en un 80% en el área central, centro social, cultural, político y económico que Urbanística-Taller del Espacio Público de la Municipalidad de Guatemala ha denominado desde el 2006 Corredor Central Aurora-Cañas.

Este modelo de movilidad ha ocasionado que todos los días cientos de miles de personas ingresen a esta área central y posteriormente en la tarde retornen a sus hogares ubicados en grandes urbanizaciones dormitorio, produciendo el impacto vial por todos conocido. Esta dinámica ocasiona un impacto vial de alrededor de un millón de vehículos diarios, según Amilcar Montejo vocero de la Policía Municipal de Transito de la Municipalidad de Guatemala, añade que hay que tomar en cuenta que el parque vehicular se incrementa a un ritmo de 14% anualmente. Lo anterior pese a que la infraestructura vial existente fue diseñada y tiene capacidad para 375 mil unidades. Es alarmante tan solo imaginar, que comportamiento podría adoptar la dinámica de flujos ante una catástrofe natural o social, no es aventurado prever un colapso del sistema vial, con las respectivas implicaciones sociales que podría desencadenar.

Es obvio que las soluciones implementadas hasta el momento no han sido suficientes, dado que el problema de fondo es la debilidad en los Planes Nacionales o Regionales, los cuales no se han implementado totalmente, como consecuencia de ello los municipios que conforman la región metropolitana han crecido desordenadamente, sin entender de manera integral el problema. Esto implica políticas, programas y proyectos debidamente planificados, de manera participativa.

Sirva lo anterior para hacer una aproximación al contexto en que se harán las siguientes reflexiones en torno a la ciudad sostenible, los riesgos y el futuro:

Sociedad, riesgo y ciudad:
Con mucha preocupación hay que señalar que con el modelo impulsado en la actualidad, el espacio público ha sido relegado a una mínima expresión, las comunidades cerradas son cada vez más frecuentes, sin embargo esto genera exclusión, menos tolerancia y en consecuencia debilitación del ya frágil tejido social guatemalteco.

Es importante propiciar la participación ciudadana en la elaboración de políticas públicas, para que de estas se deriven los programas y proyectos que promuevan un desarrollo sostenible, como se ha evidenciado en los recientes movimientos sociales urbanos en ciudades brasileñas, en donde la población ha hecho escuchar

di crescita continuerà ad essere di espansione verso le periferie; Ciò nondimeno, l'80% delle offerte relative al lavoro, la salute, l'educazione, commercio, i servizi in genere, sono raggiungibili nell'area centrale, centro sociale-culturale-politico-economico, che dall'entità 'Urbanistica-Officina del Pubblico Spazio' del Comune di Guatemala, è stata nominata fin dal 2006, il "Corridoio Centrale Aurora-Cañas" (Aurora-Canne).

Il modello, o modo, di mobilità che ne deriva da tale situazione, obbliga tutti i giorni a centinaia di migliaia di persone a recarsi alla suddetta Area Centrale e le medesime poi, alla fine della giornata, devono ritornare alle loro case site presso grandi insediamenti-dormitoio, dando luogo, quindi, agli impattanti ingorghi stradali a tutti noti. Tale dinamica genera un impatto stradale da smaltire di circa un milione di veicoli ogni giorno, così afferma Amilcar Montejo, portavoce della Polizia Municipale di Transito del Comune di Guatemala, e aggiunge che, inoltre, bisogna prendere in conto che il numero di veicoli s'incrementa un 14% ogni anno. L'esistente infrastruttura stradale, invece, è stata pensata per una capacità di 375 mila unità. Risulta perciò allarmante il solo immaginare quale potrebbe essere il comportamento della dinamica dei flussi che verrebbe fuori in caso di una catastrofe naturale o sociale; non è fuori logica il prevedere un collasso del sistema stradale ed anche le relative implicazioni sociali che andrebbe a scatenare.

È ovvio che le soluzioni che fino ad oggi si sono applicate non hanno avuto degli esiti di riguardo e ciò perché la problematica di fondo è costituita dalla debolezza insita nei Piani di Sviluppo Nazionali oppure Regionali, i quali non essendo stati pienamente portati a termine, non hanno contrastato la crescita disordinata dei municipi che fanno parte della regione metropolitana e tutto questo, pure, per il fatto di non avere una comprensione integrale del problema. Vale a dire, politiche, programmi e progetti accuratamente pianificati e promovendo la partecipazione.

Quanto esposto è semplicemente un approccio al contesto in cui si faranno le riflessioni che seguono, riguardanti la città sostenibile, i rischi e il futuro.

Società, rischio e città:
Con molta preoccupazione bisogna dire che, nel modello che ora viene promosso, il pubblico spazio è stato ridotto alla sua minima espressione, le comunità chiuse sono sempre più frequenti e ciò genera esclusione, meno tolleranza e quindi indebolimento del già fragile tessuto sociale guatemalteco.

sus demandas por más hospitales, escuelas y transporte público de calidad y no solo estadios onerosos, la gente quiere pan y no solo circo.

Por otro lado, una estructura social debilitada es más vulnerable ante los riesgos debido a la poca capacidad de organización, por lo que será mas complicado impulsar procesos de resiliencia.

Ambiente y ciudad

Desde la perspectiva ambiental este crecimiento desordenado ha ocasionado un deterioro del ecosistema irreversible, se citan a continuación algunos de los retos principales:

La mayor parte de la energía consumida aún se produce en la Hidroeléctrica de Chixoy, sin embargo, no existen proyectos de gran escala que contemplen otras alternativas para la producción de la misma, como la geotermia; tampoco programas efectivos de comunicación social que sensibilicen a la población para hacer un uso eficiente de la misma.

En cuanto al agua, no hay políticas, programas ni proyectos para su manejo, el modelo prevaleciente es el extractivo y proviene principalmente de dos fuentes, el Acueducto Xayá-Pixcayá y la extracción del subsuelo, está última fuente es cada día más profunda, por lo que cada día se extraen líquidos fósiles. En 80 años han desaparecido 25 importantes fuentes de agua, está claro que en un futuro no muy lejano las guerras serán por el control de los recursos.

En cuanto a desechos, en la Ciudad de Guatemala se generan aproximadamente 2 mil toneladas de basura al día, las cuales no son manejadas adecuadamente y se depositan en un área central de la ciudad, esto sin mencionar los depósitos clandestinos.

Adicionalmente, ante la falta de implementación de una ley de emisión de gases tóxicos, hay que tomar en cuenta el efecto invernadero que se produce e incide no solo en la calidad del aire, sino también en la variación climática.

Por otro lado la deforestación y la falta de regulación del uso del suelo incide en la vulnerabilidad de la población que habita en muchos de los espacios que sin ser apropiados han sido utilizados para vivienda, sin tomar en cuenta que la ciudad se asienta sobre un valle de origen tectónico, rodeado por fallas tectónicas

È importante propiziare la partecipazione cittadina nell'elaborazione di politiche pubbliche in modo che, da esse, ne derivino dei programmi e dei progetti che promuovano uno sviluppo sostenibile, come si è reso evidente durante i recenti movimenti sociali urbani nelle città brasiliane in cui la popolazione ha fatto sentire le sue domande di più ospedali, scuole e trasporto pubblico di qualità e non soltanto stadi onerosi; la gente vuole pane, non soltanto circo.

Si deve anche aggiungere che una struttura sociale indebolita è più vulnerabile davanti alle situazioni di rischio, data la poca capacità di organizzarsi e, dunque, diventa più complesso spingere dei processi di resilienza.

Ambiente e città

Dalla prospettiva ambientale questa crescita disordinata è la causa del deterioramento irreversibile dell'ecosistema. Vediamo ora alcune delle più importanti sfide:

Il grosso dell'energia utilizzata è, ancora oggi, prodotta soltanto dall'Idroelettrica Chixoy, eppure, non esistono dei progetti di grande portata che propongano delle altre alternative per la produzione della medesima, tali come la geotermia, e nemmeno programmi efficaci di comunicazione sociale atti a sensibilizzare le persone sull'uso efficiente dell'energia.

Nei confronti dell'acqua non esistono politiche, programmi e neanche progetti che si occupino del suo utilizzo; prevale il modello estrattivo che si applica soprattutto in due casi: Nell'Acquedotto Xayá-Pixcayá e nell'ottenimento dell'acqua dal sottosuolo. Quest'ultima risorsa ogni giorno diventa più profonda e ciò vuol dire che ogni giorno si estraggono dei liquidi fossili. In 80 anni sono scomparse 25 importanti sorgenti di acqua per cui è chiaro che in un futuro non molto lontano la causa delle guerre sarà il controllo delle risorse.

Prendendo in considerazione la spazzatura, a Città di Guatemala ogni giorno si producono circa 2 mila tonnellate di spazzatura che non vengono gestite in modo adeguato ed inoltre vengono scaricate in un'area centrale della città e poi, esistono anche parecchi spazi clandestini di scarico.

Bisogna anche tenere in conto che l'assenza di una legge sull'emissione di gas tossici no giova alla riduzione dell'effetto serra il quale deteriora la qualità dell'aria e contribuisce anche al cambiamento climatico.

Anche la deforestazione e la mancata regolazione dell'uso della terra contribuiscono alla vulnerabilità di quei

activas que generan sismos constantemente, algunos de ellos de tal importancia y regularidad que la sociedad se ha acostumbrado a ellos, pero la construcción informal continua apoderándose de barrancos y laderas.

Según Manolo Barillas (2012), lo que caracteriza el riesgo urbano es que los eventos de desastre se manifiestan en un contexto caracterizado por dinámicas sociales y económicas de producción e intercambio, en un escenario ambiental transformado artificialmente, densamente habitado, pero con características diferentes que definen una tipología diferente para cada una de las áreas.

Economía, riesgo y ciudad

El intercambio comercial de bienes y servicios, como toda actividad humana, tiene una estructura y dinámica que se desarrolla en un espacio concreto y en un tiempo determinado.

Según Sergio Lacambra especialista del BID para el tema de gestión de desastres, en la última década los desastres naturales causaron 35,000 millones de dólares en perdidas económicas a los países de América Latina y El Caribe, esta cifra presenta tendencia a incrementarse, en todo caso en el impacto económico debe calcularse el costo que tiene recuperar las condiciones para volver a ser productivos.

Lo social y lo ambiental no son activos pasivos, ambos representan una oportunidad para impulsar dinámicas económicas que contribuyan a la sostenibilidad de las ciudades, dado que, si bien en este momento no entran a un flujo de caja, se reconoce su valor.

Conclusiones

La patología urbana reflejada en la triada de problemas mencionados, permite afirmar que el diagnóstico es de pronóstico reservado, si no se hace nada al respecto, puede ocasionar el colapso de las ciudades y lo que es peor, la total pérdida de la calidad de vida. Los países y por lo tanto las ciudades de Centro América y El Caribe son las más vulnerables.

El reto es encontrar como puede impulsarse un proceso de desarrollo económico y la conservación del ambiente, privilegiando el beneficio de la sociedad, esto va más allá de un balance, pues no es uno o el otro, son cada uno y todos.

gruppi di popolazione che si sono insediati in zone non adeguate all'utilizzo abitativo, senza la consapevolezza del fatto che la città è cresciuta su una valle la cui origine è tettonica, circondata da faglie tettoniche attive che costantemente generano dei sismi, anche importanti, e con tale frequenza che la popolazione ha finito per abituarsi ad essi e, intanto, l'edilizia informale continua l'occupazione di burroni e pendii.

Secondo Manolo Barillas (2012), ciò che caratterizza il rischio urbano è che i disastri avvengono in un contesto con specifiche dinamiche sociali ed economiche di produzione ed intercambio, in uno scenario ambientale trasformato artificialmente, densamente popolato, ma con delle caratteristiche diverse che definiscono una tipologia differente per ciascuna delle aree.

Economia, rischio e città

L'interscambio commerciale di beni e servizi, come ogni attività umana, possiede una struttura e una dinamica che si sviluppano in uno spazio concreto ed in un tempo determinato.

Secondo Sergio Lacambra, esperto del BID per la gestione dei disastri, nell'ultimo decennio i disastri naturali sono i responsabili di perdite economiche pari a 35.000 milioni di dollari nei paesi dell'America Latina e nei Caraibi. La tendenza di questa cifra è verso l'incremento e, comunque, il costo del ricupero delle condizioni per essere ancora produttivi, è parte dell'impatto economico.

Ciò che è sociale e ciò che riguarda l'ambiente non sono degli attivi passivi (virtuali) ma, tutti e due, rappresentano una opportunità per spingere delle dinamiche economiche che contribuiscano alla sostenibilità delle città e questo perché, sebbene in questo momento non facciano parte del flusso di cassa, il loro valore è riconosciuto.

Conclusioni

La patologia urbana che è riflessa dalla triade di problemi suaccennati, permette di affermare che dalla diagnosi ne viene fuori una prognosi riservata e se non si fa nulla al riguardo, si può arrivare al collasso delle città e, peggio ancora, alla perdita totale della qualità di vita. Le nazioni e quindi le città dell'America Centrale e dei Caraibi sono le più vulnerabili.

La sfida è trovare in che modo si può promuovere un processo di sviluppo economico insieme alla conservazione dell'ambiente, privilegiando il beneficio della società, e questo va oltre un semplice bilancio dato che non è l'uno oppure l'altra, ma sono ciascuno di essi ed entrambi.

Si se aspira a un futuro diferente es recomendable, en principio, asumir estas crisis como una oportunidad para ver las dinámicas urbanas desde una óptica diferente, integral, la planificación urbana contemporánea debe abordarse desde la plataforma científica, pero con un enfoque transdisciplinar y participativo, es importante entender que la ciudad ya no es más el proyecto de un solo político, un arquitecto o un grupo de desarrolladores, es un proyecto colectivo.

Dado que el desastre es la consecuencia de un crecimiento mal planificado, sin orden de los procesos y el territorio, es imprescindible, activar la trilogía del conocimiento, investigación, docencia y extensión, para propiciar el encuentro entre la teoría y la práctica, lo técnico y lo político, todo ello haciendo uso de nuevos modelos epistemológicos, orientados a borrar fronteras entre disciplinas, pero sin perder el rigor científico. Esto permitirá abordar las distintas dinámicas desde un planteamiento crítico en el extenso sentido de la palabra.

Las ciudades, por mucho, continuarán atrayendo a las personas, ya que representan ese espacio transformado por el ingenio humano, propicio para el intercambio social, cultural y económico, pero con conciencia, si se quiere que sea el reflejo de lo que se conoce como civilización. Las ciudades son ese polo fascinante donde todos podemos soñar con encontrar oportunidades para una vida mejor.

Se si vuole un futuro diverso sarebbe raccomandabile, agli inizi, assumere queste crisi come delle opportunità per vedere le dinamiche urbane con un'ottica diversa, integrale, la pianificazione urbana contemporanea dev'essere affrontata da una specifica piattaforma scientifica mantenendo, tuttavia, una visione interdisciplinare e partecipativa; è importante avere la consapevolezza del fatto che la città non è più il progetto di un solo politico, o di un architetto, o di un gruppo di sviluppatori, è un progetto collettivo.

Posto che il disastro è conseguenza di una crescita mal pianificata, senza mettere ordine nei processi e nel territorio, allora diventa imprescindibile l'attivazione della trilogia della conoscenza che si applica all'istruzione: ricerca, docenza ed applicazione, in modo da favorire l'incontro tra teoria e prassi, tra tecnica e politica, e in tutto questo, facendo uso di nuovi modelli epistemologici orientati alla cancellazione dei confini tra le discipline, ma senza perdere il rigore scientifico. Ciò consentirà di affrontare le varie dinamiche da una impostazione critica, nel senso più ampio della parola.

Le città continueranno ad attrarre le persone ancora per lungo tempo e ciò perché esse sono lo spazio, trasformato dall'umana ingegnosità, atto allo scambio sociale, culturale ed economico che, però, va fatto con responsabile consapevolezza se si desidera che il medesimo sia il riflesso di ciò che s'intende per 'civiltà'. Le città sono un polo affascinante nel quale tutti possiamo avere il sogno di trovare delle opportunità per raggiungere una vita migliore.

Referencias:

Aldana Mendoza, Carlos (2010) Hacia la transdisciplinariedad. Instituto de Análisis e Investigación de los Problemas Nacionales de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

Burdett, Ricky (2007) Sintiendo la Era Urbana en Arquine, Revista de Arquitectura y Diseño, pp 24-31. No.39, Primavera 2007. México.

IARNA-URL y TNC (Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar y The Nature Conservancy). (2013). Bases técnicas para la gestión del agua con visión de largo plazo en la zona metropolitana de Guatemala.

Leyk, Dietmar (2009) Embracing Diference: from Urban Scenarios to Critical Brief. En HUNCH The Berlage Institute Report on Architecture, Urbanism and Landscape. No. 13, pp 110-117. NAi Publishers, Berlage Institute, Rotterdam, the Nederlands.

Morán Mérida, Amanda (2009) Las ciudades intermedias y el desarrollo regional en Guatemala. CONCYT, SENACYT, FONCYT, CEUR, Universidad de San Carlos de Guatemala.

Palma Urrutia, Huber Ernesto (2009) Expresiones territoriales de la precariedad urbana en Guatemala. Centro de Estudios Urbanos y Regionales, Universidad de San Carlos de Guatemala.

10.2

La gestión del riesgo en la planificación territorial en El Salvador

La gestione del rischio nella pianificazione territoriale in El Salvador

Por: Rhina Castellón
UES - El Salvador

Introducción

El Salvador es mundialmente conocido por sus altos niveles de vulnerabilidad[1]. Su ubicación en el Cinturón de Fuego del Pacífico, le convierte en un territorio propenso a una fuerte actividad sísmica y volcánica. Así mismo, otros fenómenos como tormentas tropicales, deslizamientos e inundaciones han amenazado constantemente el territorio provocando graves daños materiales y humanos.

Estas amenazas se han transformado en desastres al encontrarse con un territorio sumamente vulnerable debido a la suma de factores como: pobreza estructural, depredación ambiental y creciente concentración poblacional[2], los que se vuelven cada vez más evidentes en el centro neurálgico del país: el área metropolitana de San Salvador.

A partir del huracán Mitch (1998), el enfoque de la atención a los desastres cambia de una recuperación del desastre a una planificación del desarrollo con la gestión del riesgo como un tema transversal. Así, entre 2001 y 2011, se elaboran el Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial, (PNODT) y 14 Planes Subregionales de desarrollo territorial, entre los cuales se ha tomado como caso de estudio, el Plan de desarrollo de la Subregión Metropolitana de San Salvador (PDTSS).

Este trabajo propone hacer una revisión del PDTSS, con el objetivo de evaluar si este, como ejemplo de

Introduzione

El Salvador è noto al mondo per via dei suoi alti livelli di vulnerabilità[1]. Sito nella Cintura di Fuoco del Pacifico diventa un territorio incline ad una forte attività sismica e volcanica. Inoltre, altri fenomeni quali tempeste tropicali, frane e allagamenti hanno minacciato costantemente il suo territorio recandovi gravi danni materiali e umani.

Queste minacce sono diventate dei veri disastri considerando la vulnerabilità del territorio la quale si compone di vari fattori: povertà strutturale, depredazione ambientale, nonché una crescente concentrazione demografica[2], fattori che sono ora mai evidenti nel centro nevralgico del Paese: l'area metropolitana di San Salvador.

E' a partire dall'uragano Mitch (1998) che l'approccio e l'attenzione ai disastri passa da un semplice ricupero dal disastro ad una vera e propria pianificazione dello sviluppo con la gestione del rischio come tema trasversale. Così, tra il 2001 ed il 2011, si elaborano presso il "Plan Nacional de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (PNODT)" [Piano Nazionale di Ordinamento e Sviluppo Territoriale] 14 "Planos Subregionales de Desarrollo Territorial" [Piani Subregionali di Sviluppo Territoriali] tra i quali è stato preso come caso-studio il "Plan de Desarrollo de la Subregión Metropolitana de San Salvador (PDTSS) [Piano di Sviluppo della Subregione Metropolitana di San Salvador].

Questo lavoro fa una proposta di revisione del PDTSS, allo scopo di valutare se esso, visto come un esempio di

[1] Según el Global ClimateRiskIndex, del Germanwatch, El Salvador ocupó el lugar número 15 entre 1992 y 2011, y ascendió en 2011 al 4to lugar de los países más vulnerables del mundo. Para mayor información ver: http://germanwatch.org/klima/cri.pdf
[2] Según el World Risk Index 2012, El Salvador was ranked number 10 of the top 15 world's most vulnerable

instrumento y desde una perspectiva de planificación territorial, constituye un potencial aporte para la reducción del riesgo en el territorio. Posteriormente, se realiza una comparación de la experiencia salvadoreña en este campo y algunas a nivel europeo.

El trabajo concluye con unas reflexiones sobre la experiencia de gestión de riesgo en la planificación territorial salvadoreña, indicando algunos aportes que podrían realizarse para fortalecer la capacidad de los planes territoriales para la reducción de la vulnerabilidad y el mejoramiento de la gestión del riesgo en El Salvador.

Fuentes y metodología

Como caso de estudio, se ha elaborado una revisión cualitativa del Plan de desarrollo territorial de la subregión metropolitana de San Salvador (PDTSS), instrumento de planificación territorial desarrollado en El Salvador en 2011 y que ha incorporado la gestión del riesgo como eje transversal en la formulación de sus propuestas de desarrollo.

Los elementos encontrados en el PDTSS en relación a la gestión de riesgos, han sido comparados con prácticas realizadas a nivel europeo para su posterior valoración. Los referentes europeos que se han considerado en la comparación son, básicamente, los estudios de caso del informe sobre Natural Hazards realizado por Geologian Survey of Finland bajo los auspicios del programa ESPON 2006 y la investigación sobre "Planificación territorial para la gestión de riesgos en Europa" desarrollada por la Universidad de Dortmund (Alemania). La revisión realizada permite apuntar interesantes reflexiones sobre la incipiente práctica de la gestión de riesgos a través de la planificación territorial en El Salvador y las experiencias encontradas a nivel europeo.

Riesgos y planificación territorial

En ausencia de un marco legal específico y de estrategias o políticas a nivel nacional y regional que guíen los procesos de gestión de riesgos dentro de la planificación del desarrollo en el país, el capítulo de riesgos incorporado al PDTSS, deriva de planteamientos propios de la formulación del Plan, es decir, en concordancia a su principal objetivo: "contribuir a la sostenibilidad, a la competitividad y a la calidad de vida de su población, a través de la mejora de sus soportes y servicios territoriales, ambientales, infraestructurales, dotacionales y urbanísticos".[3]

strumento, e da una prospettiva di pianificazione territoriale, costituisce un potenziale contributo per la riduzione del rischio nel territorio. In seguito, si fa un paragone tra l'esperienza salvadoregna e alcune altre in Europa.

Il lavoro conclude con una riflessione sull'esperienza nella gestione del rischio nella pianificazione territoriale salvadoregna, e si indicano alcune proposte che potrebbero adoperarsi per rafforzare la capacità dei piani territoriali per la riduzione delle vulnerabilità ed il miglioramento della gestione del rischio in El Salvador.

Fonti e metodologia

Preso come caso-studio, il Plan de desarrollo territorial de la subregión metropolitana de San Salvador (PDTSS), è stato revisiato qualitativamente, considerato come uno strumento di pianificazione territoriale sviluppato in El Salvador nel 2011, incorporando la gestione del rischio quale asse trasversale nell'impostazione delle proposte di sviluppo.

Gli elementi rilevati nel PDTSS riguardo la gestione di rischi sono stati paragonati con delle iniziative avviate a livello europeo per un'eventuale valutazione posteriore. I riferimenti europei che sono stati considerati nella comparazione sono, basicamente, degli studi di casi della Relazione su Natural Hazards portato avanti dalla Geologian Survey of Finland sponsorizzati dal programma EPSON 2006 dall'Indagine sulla "Pianificazione territoriale per la gestione dei rischi in Europa", sviluppata dall'Università di Dortmund (Germania). La revisione verificatasi ci permette di trarre delle interessanti riflessioni sull'incipiente pratica della gestione di rischi tramite la pianificazione terrritoriali in El Salvador e le esperienze ritrovate nell'ambito europeo.

Rischi e pianificazione territoriale

Non essendoci un quadro legale di riferimento e di strategie o politiche a livello nazionale e regionale che diano una guida ai processi di gestione dei rischi all'interno della pianificazione dello sviluppo nel Paese, il capitolo di rischi incorporati al PDTSS nasce da impostazioni proprie della formulazione del Piano, cioè, conforme al suo principale obbiettivo: "contribuire al sostegno, alla competitività e alla qualità della vita della popolazione, per mezzo del miglioramento dei suoi appoggi e servizi territoriali, ambientali, infrastrutturali, urbanistici e relativi ai terreni pubblici".[3]

[3] Plan de desarrollo territorial de la subregión metropolitana de San Salvador, 2011 (PDTSS).

De acuerdo a lo anterior, el Plan identificó que la "Alta vulnerabilidad de la población en relación a los factores de riesgos" es como uno de los principales problemas urbanísticos del desarrollo territorial. Por tanto, para la reversión de tal problema, se ha planteado la gestión de riesgos como una de las metas principales del desarrollo territorial propuesto por el Plan: "Una estructura territorial y urbana que haya alcanzado eficacia y eficiencia en la gestión de los riesgos de origen antrópico y natural" y para el logro de ésta, el PDTSS se planteó el siguiente eje de acción estratégica: "incorporar de forma integral la gestión de riesgos a la gestión urbanística".

Dicha línea estratégica plantea la consideración de peligrosidad, vulnerabilidad, exposición y riesgos por eventos naturales como el principal insumo para elaboración de las propuestas urbanísticas.

Así, para intervenir en la prevención y mitigación de riesgos, el Plan propone hacerlo a partir de tres niveles de determinaciones:

- Definición del suelo no urbanizable por medio de la incorporación del análisis de peligrosidad en la propuesta de clasificación de suelos y de la zonificación de usos y actividades de los mismos, es decir, que incluye la prohibición de usos constructivos y urbanísticos en todos los espacios no urbanizados sujetos a altos niveles de peligrosidad.
- Determinaciones relativas a la prevención y gestión del riesgo en los ámbitos de suelo urbanizable cuya transformación se dará a partir de planes parciales. El plan establece instrucciones y determinaciones técnicas referentes a la gestión y control de riesgos presentes en el suelo a desarrollar y que se concretarán técnicamente en el momento de elaborar los planes parciales y sus respectivos proyectos de urbanización.
- Determinaciones relativas a acciones de mitigación de riesgos presentes en el suelo urbano, que comprenden desde acciones de mitigación (reducción apropiada de los niveles de vulnerabilidad y exposición existente), a actuaciones de relocalización de comunidades según sea la intensidad de los riesgos.

En la Figura 1 pueden observarse de manera general las diferentes peligrosidades y riesgos que, según estudios realizados previos a la realización del PDTSS, afectan

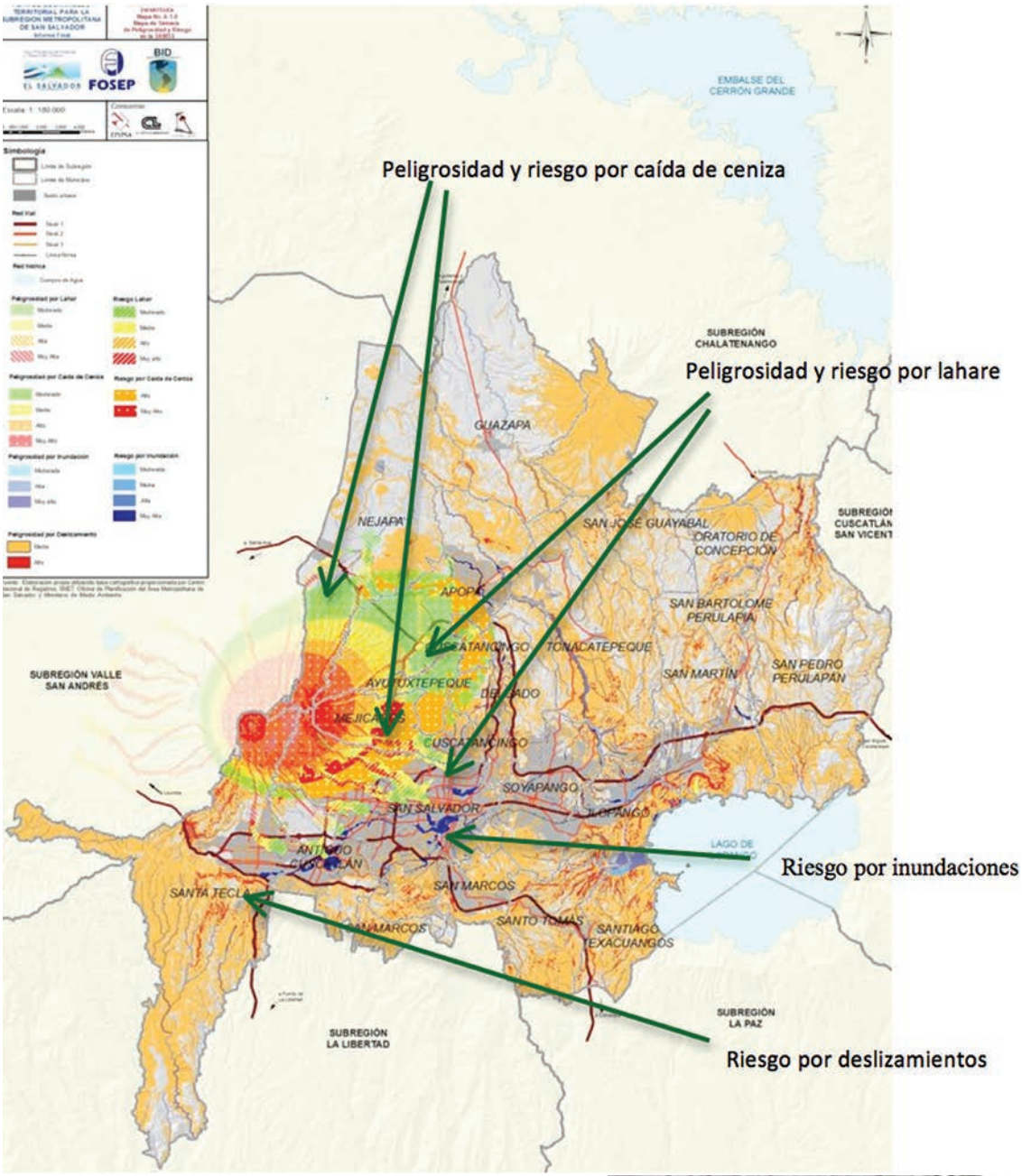
Secondo ciò, il Piano ha identificato l'"Alta vulnerabilità della popolazione in rapporto con i fattori di rischio" come uno dei principali problemi urbanistici dello sviluppo territoriale. Perciò, al fine di soluzionare tale problema, è stata proposta la gestione di rischi come una delle mete principali dello sviluppo territoriale proposto dal Piano: "Una struttura territoriale e urbana che raggiunga l'efficenza e l'efficacia nella gestione dei rischi d'origine antropica e naturale". E per raggiungere tale scopo, il PDTSS ha proposto il seguente asse d'azione strategica: "Incorporare integralmente la gestione di rischi alla gestione urbanistica".

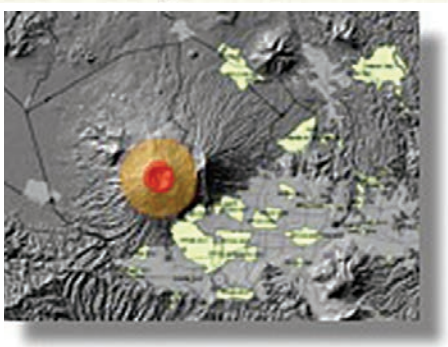
Detta linea strategica suppone considerare la pericolosità, la vulnerabilità, l'esposizione e i rischi per eventi naturali come la principale fonte di dati per l'elaborazione di proposte urbanistiche.

Così, al fine di intervenire nella prevenzione e diminuzione dei rischi, il Piano propone di farlo a partire da tre livelli di misure:

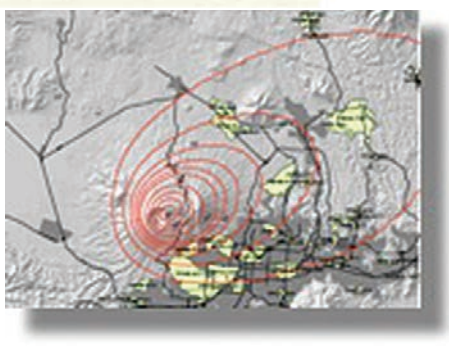
- *Precisazione del Suolo Non urbanizzabile per mezzo dell'incorporazione dell'analisi della pericolosità nella proposta di classifica dei suoli e della zonificazione degli usi e delle attività di essi, cioè, che includa il divieto di usi costruttivi e urbanistici in tutti gli spazi non urbanizati sottoposti ad alti livelli di pericolosità.*
- *Delimitazioni riguardo la prevenzione e la gestione del rischio nelle aree di Suolo urbanizzabile la cui trasformazione avverrà a partire di Piani parziali. Il Piano stabilisce delle istruzioni e misure tecniche relative alla gestione e controllo dei rischi presenti nei suoli da sviluppare e che verranno concretati tecnicamente nel momento dell'elaborazione dei Piani parziali e i loro rispettivi progetti di urbanizzazione.*
- *Disposizioni relative ad azioni di alleviamiento di rischi presenti nel Suolo Urbano, che comprendono da azioni di mitigamento (riduzione appropiata dei livelli di vulnerabilità ed esposizione esistenti), ad atti di rilocalizzazione di comunità a seconda dell'intensità dei rieschi.*

Nella Fig. 1 possono vedersi in modo generale le diverse pericolosità e rischi che, secondo ricerche previe alla realizzazione del PDTSS, interessano il territorio della





Escenario de riesgo por proyectiles balísticos (PDTSS, 2011)



Escenario de riesgo por caída de ceniza (PDTSS, 2011)

Fig 1. Mapa de peligrosidades y riesgos en la subregión metropolitana de San Salvador.
Fuente: Elaboración propia con base al Plan de desarrollo territorial de la subregión metropolitana de San Salvador (PDTSS, 2011)

el territorio de la subregión metropolitana de San Salvador. Dicha información, aunque carente hasta cierto punto de datos mas detallados, ha sido una de los dos criterios mas importantes (el segundo es el criterio ambiental), para la zonificación general de usos de suelo de la subregión.

Así mismo, puede observarse que una porción importante del suelo urbano está bajo altos niveles de riesgo por múltiples peligrosidades, para lo cual, el plan definió algunas determinaciones a concretarse tanto en los planes parciales para desarrollar el suelo urbanizable, como a nivel de suelo urbano, definiendo medidas de mitigación o incluso, de reubicación de comunidades en casos de alto riesgo.

La planificación territorial una asignatura pendiente

Como ya se ha mencionado, no existe en El Salvador una normativa o marco legal específico en el tema que guíe los procesos relacionados al manejo de riesgos desde una perspectiva de prevención. Sin embargo, es de valorar la existencia desde 2005 de la Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres, que aunque pone un mayor énfasis en la atención antes y después del desastre, promueve la integración de la gestión de riesgos a los planes de desarrollo.[4]

A nivel institucional, existe el Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET), dentro del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), el cual se encarga de todo lo relacionado al estudio de riesgos en el territorio, tanto a nivel local como regional. El SNET participó en la supervisión de la elaboración del PDTSS para su correcto desarrollo especialmente en el componente de Gestión de Riesgos.

A nivel general, existen diferentes organizaciones que trabajan en la prevención y manejo de riesgos tanto a nivel nacional como local, siendo una de ellas el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo PNUD, apoyando en diferentes programas de reducción de riesgos. Así mismo, Geólogos del Mundo es una ONG que ha realizado aportes muy importantes en lo referente a estudios de amenazas y elaboración de mapas de riesgos del territorio. Sin embargo, a pesar de los esfuerzos de éstas y otras instituciones para lograr la reducción de riesgos del territorio, aún hace falta concentrar los esfuerzos bajo un enfoque de prevención

Subregione metropolitana di San Salvador. Detta informazione, benché priva di qualche modo di dati dettagliati, è stata uno dei due criteri più importanti (il secondo è quello ambientale) per la Zonificazione generale degli usi del suolo della subregione.

Inoltre, si può osservare che un'importante porzione del suolo urbano si trova sotto alti livelli di rischio per via di molteplici pericolosità, quindi il Piano ha definito alcune disposizioni da verificarsi sia nei Piani Parziali per sviluppare il Suolo Urbanizzabile sia in quei suoli Urbani, fissando delle misure di mitigazione e addirittura di riubicazione di comunità in casi di alto rischio.

La pianificazione territoriale: un compito

Come già detto, non c'è in El Salvador una legge o quadro di riferimento legale specifico relativo al tema di merito che dia una guida alle procedure riguardo la gestione del rischio dalla prospettiva della prevenzione. Ciononostante, va valutata l'entrata in vigore sin dal 2005 della Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres [Legge di Protezione Civile, Prevenzone e Mitagazione di Disastri], la quale anche se sottolinea con enfasi l'attenzone prima e dopo il disastro, promuove altresì l'integrazione della gestione dei rischi nei piani di sviluppo.[4]

Dal punto di vista istituzionale, vi si trova il "Sistema Nacional de Estudios Territoriales (SNET)" [Sistema Nazionale di Ricerche Territoriali], facente parte del "Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)" [Ministero del Medio Ambiente e delle Risorse Naturali], il quale è a carico di tutto ciò che riguarda lo studio sul rischio nel territorio, sia a livello locale che regionale. Il SNET ha partecipato nel controllo dell'elaborazione del PDTSS per il suo corretto sviluppo specie nel componente di Gestione di Rischi.

A livello generale, ci sono diverse organizzazioni che lavorano nella prevenzione e gestione di rischi sia nazionalmente che localmente, una delle quali è il "Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, PNUD" [Programma delle Nazioni Unite per lo Sviluppo], il quale appoggia diversi programmi di riduzione di rischi. Inonltre, "Geólogos del Mundo" [Geologi del mondo] è una ONG che ha contribuito in modo importante alle di ricerche sulle minacce e l'elaborazione di mappe di rishci del territorio. Nonostante gli sforzi di queste organizzazioni

[4] Art. 6, Ley de Protección civil, prevención y mitigación de desastres, 2005.

y para lo cual, como se pudo constatar al momento de desarrollar el PDTSS, hacen falta estudios más específicos y detallados de peligrosidad, vulnerabilidad, exposición y riesgo.

Un hallazgo importante, es la similitud que existe entre el enfoque dado por el PDTSS a la integración de la gestión de riesgos y el enfoque que se maneja a nivel Europeo. En las figuras A y B, se muestran algunos aspectos que se definen como buenas prácticas para las formas de incorporación de riesgos naturales a la planificación territorial en Europa y lo definido dentro del PDTSS:

Reflexiones finales

Se evidencia una mayor sensibilidad hacia la temática de manejo de los riesgos en El Salvador, al incluir aspectos de peligrosidad y riesgo en la validación de los usos del suelo.

Según la investigación de la Universidad de Dortmund (2007), es requisito indispensable la base legal vinculante de los mapas de peligro y riesgo. En el caso salvadoreño la inclusión de esta información en el PDTSS, es el primer paso en este aspecto por el carácter vinculante del plan.

ed altre istituzioni per il raggiungimento della riduzione di rischi nel territorio, ancora manca concentrare gli sforzi sotto una prospettiva di prevenzione e per il quale, come si è potuto verificare al momento dello sviluppo del PDTSS, mancano degli studi più specifici e dettagliati di pericolosità, vulnerabilità, esposizione e rischio.

La somiglianza esistente tra l'approccio dato dal PDTSS all'integrazione della gestione di rischi e quello utilizzato a livello europeo è stato visto come un importante ritrovamento. Nelle Fig A e B si riportano alcuni aspetti che vengono definiti come buone pratiche per le forme di incor-porazione di rischi naturali nella pianificazione territoriale in Europa e ciò che viene concepito all'interno del PDTSS:

Riflessioni finali

Oggidì è assai evidente una maggiore sensibilità verso la tematica della gestione dei rischi in El Salvador nel includersi aspetti di pericolosità e rischio nella valutazione degli usi dei suoli.

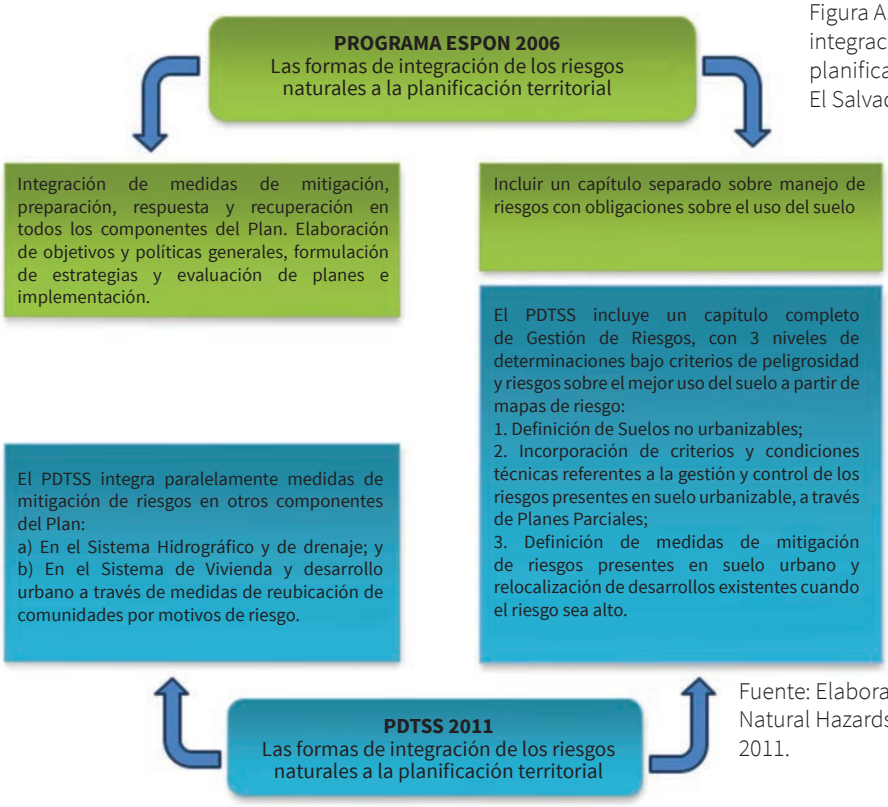
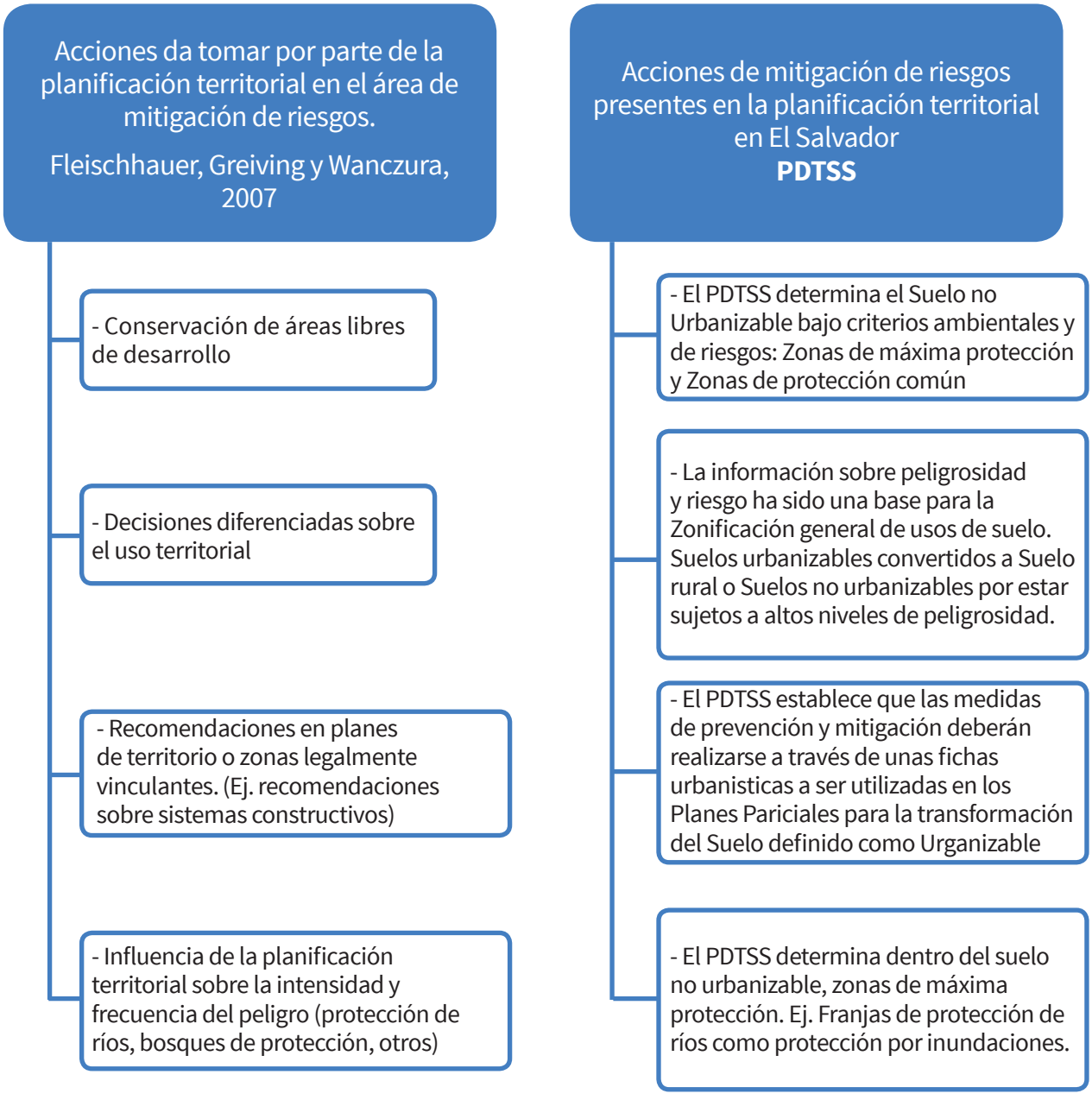


Figura A. Similitudes con el enfoque de integración de riesgos naturales a la planificación territorial entre Europa y El Salvador

Fuente: Elaboración propia en base al proyecto 1.3.1 Natural Hazards del Programa ESPON 2006 y el PDTSS, 2011.



Fuente: Elaboración propia en base a Fleischhauer, Greiving y Wanczura, 2007. Planificación Territorial para la gestión de riesgos en Europa, y PDTSS, 2011.

El enfoque multipeligro, es muy bien desarrollado por el PDTSS al utilizar información de mapas de los múltiples peligros y riesgos que más afectan a la subregión, identificándose aquellas áreas afectadas por más de un peligro para la definición de la zonificación general de usos de suelo.

Hace falta reforzar la información con estudios más detallados sobre la evaluación de riesgos, peligrosidades, vulnerabilidad y exposición del territorio, un aspecto que exige mayor coordinación a nivel interinstitucional.

Un requisito indispensabile, secondo la ricerca dell'Università di Dortmund (2007), è la base legale vincolante delle mappe di pericoli e rischi. Nel caso salvadoregno, l'inclusione di questa informazione nel PDTSS diventa il primo passo su questa direzione, visto il carattere vincolante del Piano.

L'approccio multi-pericolo viene convenientemente sviluppato nel PDTSS: utilizzando informazioni di mappe di pericoli e rischi vari che interessano di più la subregione, e

En El Salvador, es indispensable profundizar en la información sobre riesgos y vulnerabilidades en suelo urbano, por el gran número de desarrollos (formales e informales) bajo altos niveles de riesgo y que en algunas ocasiones deben ser reubicados, una práctica muy frecuente también en Italia.

Se puede decir que la práctica de la planificación territorial como instrumento de gestión de riesgos en el caso de El Salvador, aunque muy reciente, posee muchas similitudes con la planteada a nivel europeo con lo cual, es un punto a favor que debe valorarse y sobre todo, mejorarse.

En tal sentido, el resultado de proyectos como los del Programa ESPON 2006, a través del estudio de buenas prácticas en este campo, pueden ser de valiosa ayuda como guía para el desarrollo y mejoramiento de la gestión de riesgos a través de la planificación territorial en El Salvador.

individuando le aree interessate da più di un pericolo per la definizione della zonificazione generale degli usi del suolo.

Nonostante, manca ancora arricchire l'informazione con delle ricerche più a dettaglio sulla valutazione di rischi, pericolosità, vulnerabilità ed esposizione del territorio, un aspetto che maggiore coordinamento esige a livello interistituzionale.

In El Salvador è doveroso approfondire i dati su rischi e vulnerabilità nel Suolo Urbano, visto il grande numero di opere di sviluppo (formali e informali) sotto alti livelli di rischio e che talvolta dovrebbero addirittura essere riubicati, una pratica anche molto presene in Italia.

Si potrebbe dire che l'adoperamento della pianificazione territoriale come strumento di gestione dei rischi nel caso di El Salvador, benché recente, possiede molte somiglianze con l'esperienza europea, fatto da valutare quale punto a favore ma anche da migliorare.

In tale senso, gli esiti di progetti come quelli del Programma ESPON 2006, tramite lo studio di buone pratiche in questo campo, possono diventare di grande aiuto come guide per lo sviluppo ed il miglioramento della gestione di rischi per via della pianificazione territoriale in El Salvador.

Referencias:

Dirección General de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres. (2005). Ley de Protección Civil, Prevención y Mitigación de Desastres . El Salvador.

Fleischhauer, M., Greiving, S., & Wanczura, S. (2007). Planificación territorial para la gestión de riesgos en Europa. Boletín de la A.G. E.(45), 49 - 78.

Geological Survey of Finland (2006). Spacial effects of natural and technological hazards. ESPON Programme 2006.

Germanwatch (2012). Global climate risk index 2013. Bonn.

Hild, A. (2009). Riesgos Urbanos. La población de San Salvador entre volcanes, barrancos y sismos. (P. T. EIRD, Ed.) La Gestión de Riesgos en América Latina: Recopilación de artículos, 11.

United Nations University Institute for Environment and Human Security (UNU–EHS), the Alliance Development Works/ Bündnis Entwicklung Hilft, The Nature Conservancy (TNC). (2012). World Risk Report. Bonn.

Viceministerio de Vivienda y Desarrollo Urbano, VMVDU. (2011). Plan de desarrollo territorial de la subregión metropolitana de San Salvador, PDTSS. San Salvador, El Salvador.

10.3

Formación del recurso humano en gestión de la seguridad territorial

Formazione delle risorse umane nella gestione della sicurezza territoriale

Por: Susana Palma
USAC - Guatemala

La construcción de territorios seguros puede ser uno de los mayores retos de la humanidad. El estado de seguridad demostraría un claro indicador del estado de desarrollo. Ello sería determinado por una gran cantidad de decisiones de los actores públicos y privados que habiten el territorio. Las decisiones separadas de estos actores serían vitales para avanzar, pero sería necesaria la formación del recurso humano para trabajar en la misma dirección y conseguir una visión clara de la seguridad territorial.

Introducción

En los últimos 30 años se han triplicado el número de desastres provocados por los sismos, las inundaciones y los deslizamientos. El número de personas afectadas se ha duplicado cada diez años. Esto significa que hay cinco veces más personas afectadas ahora que hace una generación[1].

En el período 1980-2000 ocurrieron 418 eventos catastróficos en la región centroamericana. En los últimos 32 años la región perdió un promedio anual superior a los 318 millones de dólares. Uno de los mayores desastres que azotó la región, fue provocado por el huracán Mitch, en 1998, que causó enormes daños en términos de pérdidas humanas, sociales, económicas y ambientales e incremento de los niveles de pobreza de los países, estimándose pérdidas equivalentes al 30% del producto interno bruto (PIB) de la región. El huracán Mitch; los terremotos de El Salvador; la temporada de huracanes 2005, destacándose el Stan en Guatemala, Nicaragua y El Salvador, pusieron en evidencia la creciente vulnerabilidad de la región ante la ocurrencia de los fenómenos naturales de gran magnitud[2].

La conformazione di territori sicuri potrebbe essere una delle maggiori sfide per l'umanità. Lo stato di sicurezza starebbe a costituire un chiaro indicatore dello stato di sviluppo. Ciò sarebbe determinato da un'enorme quantità di decisioni intraprese dagli attori pubblici e privati che abitino uno specifico territorio. Le singole decisioni dei suddetti attori sarebbero basilari per andare avanti, ma sarebbe altresì necessaria la formazione delle risorse umane per un lavoro nello stesso indirizzo e raggiungere così una chiara visione della sicurezza territoriale.

Preambolo

Negli ultimi 30 anni si è triplicato il numero di disastri innescati dai sismi, nonché le inondazioni e le frane di vario tipo. Il numero di persone interessate si è raddoppiato ogni dieci anni. Ciò vuol dire che ci sono cinque volte più persone danneggiate ora che una generazione fa[1].

Nel periodo tra il 1980 e il 2000, si avverarono 418 eventi catastrofici nella region del Centroamerica. Negli ultimi 32 anni, detta regione perse una media annua superiore ai 318 miglioni di dollari americani. Uno dei maggiori disastri che colpì il Centroamerica fu innescato dall'uragano Mitch, nel 1998, che provocò grossi danni in termini di perdite umane, sociali, economiche e ambientali nonché la crescita dei livelli di povertà dei singoli Paesi interessati. Le perdite si stimarono pari al 30% del Prodotto interno lordo (Pil) della regione. L'uragano Mitch, i terremoti di El Salvador, il periodo di uragani del 2005, in particolare lo Stan in Guatemala, Nicaragua ed El Salvador, evidenziarono la crescente vulnerabilità della regione davanti al susseguirsi dei fenomeni naturali a grande magnitudo[2].

[1] Naciones Unidas. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. La Gestión del Riesgo de Desastres Hoy. 2008.
[2] CEPREDENAC. Plan regional para la reducción de desastres de Centroamérica 2006-2015, 2006.

Derivado de lo anterior, con mayor convicción los países de Centro América, en especial las instituciones académicas superiores, revelan la importancia de que los recursos humanos son el activo principal y la base cierta de un desarrollo. Por lo que, día a día debe invertirse en su formación, con orientación a la gestión de la seguridad territorial.

De la formación en seguridad humana hacia la formación en seguridad territorial

En el abordaje de la temática de reducción de riesgos, un enfoque tradicional y relevante de la formación del recurso humano ha sido la seguridad humana vista para reducir la vulnerabilidad de las personas con estrecha vinculación entre desarrollo y seguridad. Según la definición de la Comisión de Seguridad Humana, la seguridad humana significa "proteger las libertades vitales... proteger a las personas expuestas a amenazas y a ciertas situaciones, robusteciendo su fortaleza y aspiraciones... crear sistemas que faciliten a las personas los elementos básicos de supervivencia, dignidad y medios de vida". La formación del recurso humano en cuanto a la seguridad humana implica no sólo la protección de este recurso, sino su empoderamiento para que las personas puedan valerse por sí mismas.

Un nuevo enfoque, la seguridad territorial aborda la relación intrínseca entre ecosistema y cultura; considera un espacio geográfico que ha sido apropiado, ocupado y delimitado por un grupo humano, que lo organiza y transforma según las propiedades y condiciones físicas y según sus ideas, valores y creencias[3]. Considera que un territorio no es un espacio físico objetivamente existente, sino, una construcción social, es decir, un conjunto de relaciones sociales que dan origen y a la vez expresan una identidad y un sentido de propósito compartido por múltiples actores públicos y privados[4]; y por ende, el resultado de la interacción permanente entre la dinámica de la naturaleza y la dinámica de las comunidades humanas[5].

Siendo el territorio donde tienen implicaciones las llamadas "vulnerabilidades" y también las llamadas "amenazas naturales y antrópicas", la formación en cuanto a la temática de Gestión de la Seguridad Territorial (GST) debe percibirse en doble vía, puesto que la dinámica de los territorios no será una amenaza

Perciò, maggiormente convinti, i Paesi del Centroamerica, specie le istituzioni accademiche superiori, rivelano l'importante convinzione che le risorse umane sono difatti il valore principale e la base fondamentale per ogni sviluppo. Quindi, giorno dopo giorno si dovrebbe investire nella sua formazione, con orientamento verso la gestione della sicurezza territoriale.

Dalla formazione nella sicurezza umana alla formazione nella sicurezza territoriale

Nell'accingersi allo studio della tematica della riduzione dei rischi, un approccio tradizionale e di rilievo della formazione delle risorse umane è stato la sicurezza umana compresa dal pundo di vista della riduzione della vulnerabilità delle persone con uno stretto vincolo tra sviluppo e sicurezza. A seconda della definizione della "Comisión de Seguridad Humana", la sicurezza umana significa: "proteggere le libertà vitali... protegere le persone esposte a minacce ed a certe situazioni, irrobustendo i loro lati forti e le loro aspirazioni... creare dei sistemi che provvedano alle persone gli elementi basici per la sopravvivenza, la dignità e i mezzi di vita". La formazione delle risorse umane rispetto la sicurezza umana implica non solo la protezione di queste risorse, ma anche incoraggiare le persone affinché possano avvalersi per sé stesse.

Un nuovo approccio, la sicurezza territoriale, tocca il rapporto intrinseco tra ecosistema e cultura; ha conto di uno spazio geografico che è stato invaso, occupato e circondato da un gruppo umano, il quale lo sistema e trasforma a seconda del locale assetto e condizioni fisiche e secondo anche le sue idee, valori e credenze[3]. Considera che un territorio non è uno spazio fisico obiettivamente esistente, bensì un costruito sociale, cioè, un insieme di rapporti sociali che creano e allo stesso tempo esprimono un'indentità e un senso di scopo comune condiviso da molteplici attori pubblici e privati[4]; ed è quindi, il risultato dell'interazione continua tra la dinamica della natura e quella delle comunità umane[5].

Essendo il territorio il luogo dove si avverano gli effetti delle cosiddette "vulnerabilità" e delle "minacce naturali e antropiche", la formazione riguardo la Gestione della Sicurezza Territoriale (GST) devrebbe essere vista in un doppio modo, dato che la dinamica dei territori non sarà mai una minaccia contro le comunità umane, nella misura in cui

[3] SEGEPLAN, Guía de facilitación del plan estratégico territorial y del plan de desarrollo municipal. Guatemala, 2007.
[4] Schejtman, Alexander y Berdegué, Julio; febrero 2003, Desarrollo Territorial Rural, Santiago de Chile.
[5] Naciones Unidas. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. La Gestión del Riesgo de Desastres Hoy. 2008.

contra las comunidades humanas, en la medida que su propia dinámica no sea una amenaza contra ellos.

El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo ha definido el concepto de seguridad territorial como "la capacidad de un territorio para ofrecerles a sus habitantes determinadas condiciones de estabilidad, que impidan que amenazas de distinto origen… procedentes del propio territorio o del exterior, puedan convertirse en desastres"[6]. Asumiendo lo anterior, un Programa de Formación en GST tendría dentro de sus objetivos considerar al territorio como un sistema funcional, con un conjunto de componentes relacionados entre sí para la consecución de fines comunes.

Con base en lo anterior, los temas de orientación y capacitación de este programa de formación, se enfocarían a:

- Dinámicas naturales y sociales. Dinámicas que se constituyen en amenazas. Población como centro de atención de un territorio. Concepto de seguridad territorial inclusivo y centrado en el ser humano.
- Fortalecimiento de capacidades humanas para evitar y enfrentar múltiples amenazas del entorno. Desarrollo y fortalecimiento de instituciones, mecanismos y capacidades para aumentar la resiliencia ante las amenazas.
- Modelos de recuperación adecuados y oportunos de los efectos de los desastres.
- Diálogo político, incidencia ciudadana y vigilancia social como procesos fundamentales para llevar a cabo procesos que propicien la seguridad territorial.
- Carácter multidimensional de la seguridad. Dimensiones políticas, económicas, sociales, culturales y ambientales que afectan la seguridad de las personas. Identificación de futuras amenazas tradicionales y no tradicionales; construcción de escenarios de riesgos.
- Asociación y cooperación de los territorios para fortalecer capacidades y para generar sistemas de seguridad.
- Contexto internacional, globalización y capacidad de interrelación para la GST.

la dinamica di esse non sia una minaccia contro loro stesse.

Il Programma delle Nazioni unite per lo Sviluppo ha definito il concetto di sicurezza territoriale come: "la capacità di un territorio per offrire a coloro che vi abitano determinate condizioni di stabilità che siano in grado di impedire che minacce di svariata origine... provenienti dal proprio territorio o da fuori esso, possano diventare dei disastri"[6] . Partendo da ciò, un Programma di Formazione in GST, conterrà tra i suoi scopi la considerazione del territorio come un sistema funzionale, avente un insieme di componenti in relazione tra di loro puntando tutti a fini comuni.

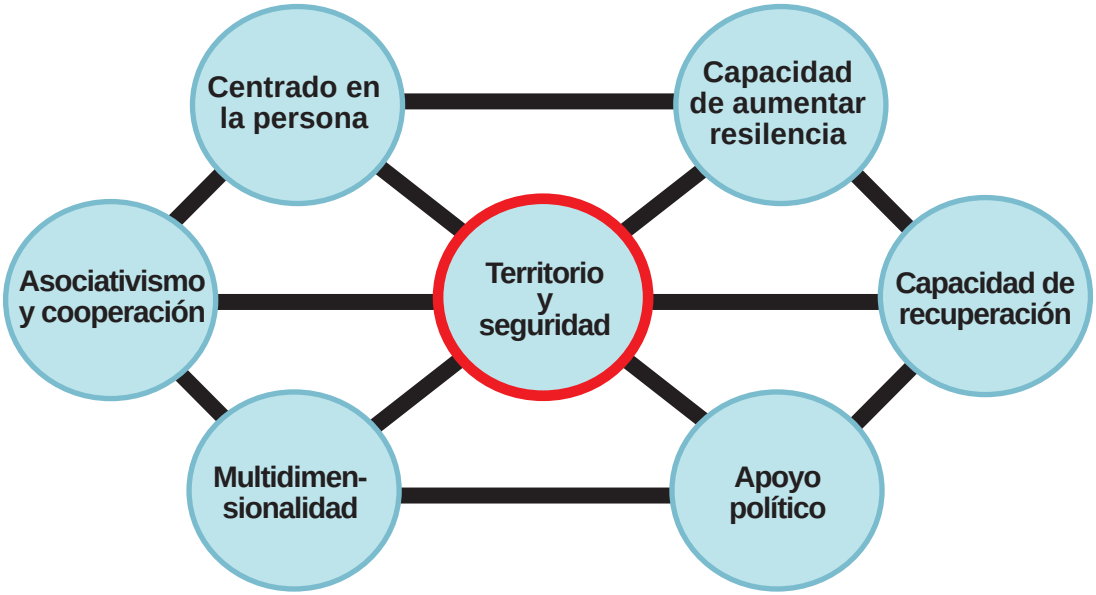
Sulla base di tutto ciò, i temi di orientamento e istruzione di questo programma di formazione, punterebbero verso:

- *Dinamiche naturali e sociali. Dinamiche che si costituiscono poi in minacce, in pericolosità. Comunità vista come centro di attenzione di un territorio. Un concetto di sicurezza territoriale inclusivo e centrato nell'essere umano.*
- *Invigorimento delle capacità umane per evitare oppure affrontare molteplici minacce che la circondano. Sviluppo e rafforzamento delle istituzioni, meccanismi e capacità per accrescere la resilienza davanti alle minacce.*
- *Modelli di ricupero adeguati e opportuni dagli effetti dei disastri.*
- *Dialogo político, partecipazione cittadina e sorveglianza sociale come procedure fondamentali mirate a portare a termine processi che provvedano alla sicurezza territoriale.*
- *Carattere multidimensionale della sicurezza. Aspetti politici, economici, sociali, culturali e ambientali che interessano la sicurezza delle persone. Indiviuazione di future minacce, tradizionali o meno; progettazione di scenari di rischio.*
- *Associazione e cooperazione tra i territori per rafforzare le capacità e costituire sistemi di sicurezza.*
- *Ambito internazionale, globalizzazione e capacità di interrelazione per la GST.*

[6] Naciones Unidas. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. La Gestión del Riesgo de Desastres Hoy. 2008.

El modelo que se presenta en el siguiente esquema, ejemplifica los temas anteriormente descritos y podrían ser considerados en la formación del recurso humano en GST.

Il modello qui di sotto, fa vedere i temi sopra descritti i quali potrebbero essere considerati in un'eventuale formazione delle risorse umane in GST.



Sistema funcional para la formación del recurso humano en GST. / Elaboración propia.

A manera de síntesis, la formación orientada a la seguridad territorial, además de compartir los fundamentos de la seguridad humana, considera al territorio como unidad de análisis e intervención.

A mo' di sintesi: la formazione mirata alla sicurezza del territorio, oltre a condividere le fondamenta della sicurezza umana, considera il territorio come un'unità d'analisi e di intervento.

Formar en el enfoque territorial

Los constantes desastres que afectan la región centroamericana han producido una serie de cambios relevantes en la gestión del desarrollo, que han suscitado la necesidad de revisar críticamente los enfoques tradicionales de formación del recurso humano, como el "sectorial" contrario al "territorial", que aporta una visión global y un nuevo escenario de intervención que sirve de base para fortalecer las capacidades de los habitantes de los territorios. Formar en el enfoque territorial significa focalizar en los puntos siguientes:

- Globalización y descentralización: dinamismo del entorno que incluye el desarrollo de apertura económica y social, en la perspectiva externa (globalización) y en la apertura económica, política, social y cultural interna (descentralización); refuerzo a las municipalidades; transferencia de

Formare nell'approccio territoriale

I costanti disastri che hanno interessato la Regione Centroamericana han provocato una serie di cambiamenti di rilievo nella gestione dello sviluppo che a loro volta hanno suscitato la necessità di revisare in modo critico gli approcci tradizionali di formazione delle risorse umane, specie quello "settoriale", contrario al "territoriale", che fornisce una visione globale e un nuovo scenario di intervento che sarebbero alla base di un rafforzamento delle capacità degli abitanti dei territori. Formare nell'approccio territoriale significa, quindi, mettere a fuoco i punti seguenti:

- *Globalizzazione e decentralizzazione: Dinamismo dell'ambiente che include lo sviluppo dell'apertura economica e sociale, nella prospettiva estera (globalizzazione) e dell'apertura economica, polita, sociale*

competencias de los gobiernos centrales a los locales; fortalecimiento de normativa y adaptación de legislación a las peculiaridades de cada territorio.

- Influencia de los actores de desarrollo socioeconómico en las decisiones a nivel territorial: rol de las organizaciones públicas y privadas e influencia de los actores en las decisiones territoriales para una GST.
- Participación de organizaciones sociales: la sociedad civil en el proceso del desarrollo territorial. Las organizaciones sociales como canalizadoras de las preocupaciones respecto a la seguridad.
- Identificación de ventajas competitivas. Modelos de mejora de los territorios en cuanto a la competitividad: apoyo para los puntos fuertes (capacidades de prevención y respuesta) y atenuación para los puntos débiles (reducción de vulnerabilidades y riesgos). La seguridad territorial como ventaja competitiva.
- Incorporación de innovaciones tecnológicas: sistemas de información geográfica (SIG); automatización de procesos administrativos municipales.
- Transparencia y rendición de cuentas: participación de ciudadanos en la vigilancia del gasto social. Procesos de rendición de cuentas en el marco de la seguridad territorial.

Retos de la formación en Gestión de la Seguridad Territorial

Un nuevo enfoque de formación requiere de nuevos enfoques metodológicos. Para ello, se enfatizan los siguientes aspectos:

- En la actualidad se trata de restar importancia al Programa de formación como producto para volcar la atención en el Programa como proceso facilitador de la enseñanza y el aprendizaje.
- El enfoque tradicional de formación (sectorial) ha impedido una visión global de la problemática (riesgos y desastres). La formación con enfoque "territorial" persigue un enfoque integrado y de aprendizaje horizontal entre diversas disciplinas.
- El enfoque sectorial suele ser rígido y centralizado; por lo que el enfoque territorial se orienta hacia la enseñanza de conceptos y técnicas basadas en la reflexión y el planteamiento de estrategias.
- La formación del recurso humano en cuanto a GST requiere superar los rígidos marcos impuestos por

e culturale interna (decentralizzazione): rinvigoramento dei Comuni; trasferimento di compentenze dai governi centrali a quelli locali; rafforzamento delle normative ed adeguamento delle leggi alle particolarità di ogni territorio.

- *Influsso degli attori dello sviluppo socioeconomico nelle decisioni a livello territoriali: Ruolo delle organizzazioni pubbliche e private ed influsso degli attori nelle decisioni sul territorio per una GST.*
- *Partecipazione delle organizzazioni sociali: La società nel processo dello sviluppo territoriale. Le organizzazioni sociali come canalizzatori delle locali preocupazioni rispetto la sicurezza.*
- *Individuamento dei vantaggi concorrenziali: Modelli si miglioramento dei territori nei termini di concorrenza: appoggio ai punti forti (capacità di previsione e risposta) e diminuzione dei lati deboli (riduzione delle vulnerabilità e rischi). La sicurezza territoriale tenuta come vantaggio nella concorrenza.*
- *Incorporazione di novità tecnologiche: Sistemi di informazione geografica (SIG); automatizzazione di procedure amministrative in ambito municipale.*
- *Trasparenza e resoconti: Partecipazione dei cittadini nella sorveglianza delle spese pubbliche. Porcessi di resoconti nella cornice della sicurezza del territorio.*

Sfide della formazione in Gestione della Sicurezza Territoriale

Una nuova ottica nella formazione richiede nuovi approcci metodologici. Perciò, di seguito si sottolineano i seguenti aspetti:

- *In atto, si cerca di ridurre importanza al Programma di formazione come frutto per invece voltare lo sguardo verso il Programma come processo avviatore dell'insegnamento e apprendimento.*
- *L'approccio tradizionale di formazione (settoriale) ha impedito una visione globale della problematica (rischi e disastri). La formazione con un'ottica "territoriale" punta su un approccio integrato e di apprendimento orizzontale tra le diverse discipline.*
- *L'approccio settorial, invece, è di solito rigido e centralizzato; perciò l'approccio territoriale si orienta verso l'insegnamento di concetti e tecniche basati nella riflessione e nella proposta di strategie.*

las delimitaciones administrativas y permitir el abordaje del tema en mancomunidades, en lugar de municipios individuales.

- La complejidad territorial conduce a que la enseñanza en el campo (ejercicio profesional supervisado), las investigaciones o el desarrollo de proyectos de grado (tesis) busquen la participación de los actores involucrados, mediante una focalización del proceso participativo, frente a la participación en asambleas.

Un nuevo enfoque para la formación del recurso humano para reducir riesgos de desastre pude verse como una forma sistemática que contribuya a manejar el cambio y mejorar el futuro posible para los territorios centroamericanos. Específicamente, la formación en esta rama buscaría ser un proceso creativo que proporcione los fundamentos de un proceso integrado a largo plazo, que identifique acciones estratégicas y que involucre a la comunidad docente, estudiantil, científica y política a lo largo de todo el proceso. El nuevo enfoque puede permitir concretar los principales escenarios de la gestión del desarrollo territorial seguro.

Por su parte, la formación del recurso humano contribuye no solo a fortalecer las capacidades de las personas, sino a que sus beneficios se prolonguen a todo un territorio; los conocimientos y aptitudes aprendidos, por otra parte, ayudan al individuo en el manejo de responsabilidades futuras independientemente de las actuales. Muchos de los programas que tienen como objetivo formar concluyen ayudando al desarrollo de un territorio y aumentando potencial a la capacidad de sus habitantes.

- *La formazione delle risorse umane, riguardo la GST, esige superare i rigidi limiti imposti dalle iniziative amministrative e permettere invece l'abbordaggio del tema in comunità unite invece di in comuni separati.*

- *La complessità del territorio comporta che l'insegnamento sul campo (tirocinio), e le ricerche o lo sviluppo di progetti di laurea (tesi) mirino alla partecipazione degli attori coinvolti, tramite una focalizzazione del processo partecipativo, difronte alla partecipazione nelle assemblee.*

Una nuova ottica per la formazione delle risorse umane per ridurre il rischio di disastro potrebbe concepirsi come una forma sistematica che contribuisca a gestire il cambiamento e migliorare il futuro prevedibile per i territori centroamericani. In particolare, la formazione in questo settore tenterebbe di essere un processo creativo che sia in grado di fornire le basi per diventare a lungo termine un processo integrato, che possa individuare azioni strategiche e, infine, che coinvolga gli insegnanti, gli studenti, la comunità scientifica e i politici lungo tutto il detto processo. Il nuovo approccio potrebbe consentire di concentrare i principali scenari nella gestione dello sviluppo territoriale sicuro.

Da parte sua, la formazione delle risorse umane contribuisce non soltanto nel rafforzamento delle capacità delle persone, ma anche a prolungarne nel tempo i benefici su tutto un territorio; le conoscenze e le attitudine acquisite, da un'altra parte, aiutano l'individuo nell'affrontare delle responsabilità future indipendentemente di quelle odierne. Molti dei programmi che hanno come scopo formare finiscono aiutando lo sviluppo di un territorio e potenziando le capacità dei suoi abitanti.

10.4

Riesgo de desastre: ¿categorías de análisis aisladas o espacios de intersección?

Rischio di disastro: categorie per un'analisi staccata oppure punti di incrocio?

Por: Rosa Sánchez del Valle
USAC - Guatemala

Las categorías de análisis

Una revisión solo de la bibliografía existente en la Universidad de San Carlos, en las facultades de Ingeniería y de Arquitectura, muestra que especialmente el terremoto de 1976 definió un impulso a la investigación en diversos aspectos relacionados con la sismología, con el desarrollo de criterios orientados a la sismo-resistencia y propuestas para su adopción en la normativa aplicable a la construcción.

En el espacio de la arquitectura, además, hay una ingente producción, probablemente estratégica, en el nivel de grado y post grado, interesada en mostrar los daños del sismo y la vinculación de esos daños con el tipo de materiales utilizados, pero con énfasis en la comparación de los efectos de ese daño en construcciones de adobe y de cemento.

Inmediatamente después del evento se realizaron innumerables evaluaciones estructurales, por áreas de afectación o dimensión del impacto. Al igual que algunos testimonios fotográficos, sirvieron para mostrar los efectos diferenciados entre construcciones ubicadas en ladera, en áreas planas, en asentamientos precarios urbanos de la ciudad de Guatemala especialmente aquellas áreas donde la pendiente era más pronunciada.

Si en ese momento se hubiesen utilizado los términos que hoy corresponden al enfoque de "Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres (GRRD)", en esas investigaciones se habrían incluido los de amenaza (sismo) y vulnerabilidad (física, estructural, social, económica (Moran Mérida 2000).

Con la aplicación de este enfoque a partir de la década del 80, con contribuciones desde diferentes espacios,

Le categorie d'analisi

Basterebbe una semplice occhiata alle biblioteche che si tengono presso la Universidad de San Carlos de Guatemala, particolarmente nelle facoltà di ingegneria e quella di architettura, per rendersi conto che il terremoto del 1976 diede una particolare spinta alla ricerca nei diversi aspetti associati alla sismologia: lo sviluppo di criteri riguardo la sismo-resistenza nonché delle specifiche proposte per il suo adoperamento nelle normative da applicare nell'edilizia.

Inoltre, nel campo proprio dell'architettura c'è ormai un'estesa produzione bibliografica, forse strategica, a livello di laurea e di post laurea, dedita a mettere a fuoco i danni del suddetto sismo nonché la vincolazione di essi con il tipo di materiale utilizzato nelle costruzioni ma con un certo enfasi nel paragonare gli effetti di questi danni sulle costruzioni di adobe a quelli sul costruito a base di cemento.

Subito dopo il terremoto di quell'anno, vennero inoltrate molteplici valutazioni strutturali, sia per area d'affettazione che per l'estesura dell'impatto. Le dette valutazioni, insieme ad alcune testimonianze fotografiche, servirono per mostrare gli svariati effetti causati nelle costruzioni localizzate nei versanti, nelle aree pianeggianti e nei precari insediamenti urbani della Città del Guatemala, specie in quelle aree ove l'inclinazione era ancora più forte.

Se in quel momento fossero stati adoperati i criteri che oggi fanno parte delle linee d'azione della "Gestión para la Reducción del Riesgo de Desastres (GRRD)", in quelle ricerche si avrebbe avuto conto anche dei criteri di minaccia (scossa) e di vulnerabilità (física, strutturale, sociale, económica) (Moran Mérida, 2000).

Con l'impiego di questo approccio a partire del decennio degli '80, col contributo pervenuto da diversi fonti e con

y con marcos teóricos que corresponden a las ciencias sociales, hemos observado un debate que va desde la exigencia de fortalecer el espacio de estudio del llamado componente social de los desastres (Quarantelly, 1982; Gilbert, 1995, citados por Hewitt, 1983) hasta llegar a aportes que vinculan diferentes categorías de análisis y que nos permiten ahora una mejor comprensión de la forma como distintos eventos afectan diferenciadamente a poblaciones consideradas vulnerables (niñez y juventud, mujeres, tercera edad, poblaciones viviendo con discapacidad, con VIH Sida, entre otras).

Las áreas de intersección

Eco (Eco 1998)[1] refiriéndose al término comedia, lo nombra como un molesto término sombrilla. Creemos que esa expresión es útil cuando utilizamos "riesgo de desastre" para hacer referencia a las diferentes formas como esa expresión es utilizada o lo que bajo ese enfoque se incluye: relaciones entre instituciones, decisiones que éstas toman, relaciones entre instituciones y población, áreas de aplicación que van desde los niveles regionales pasando por los nacionales y los sub nacionales, marcos normativos, relaciones y dinámicas comunitarias, entre otras. Además de hacer referencia a lo que ese enfoque considera como factores del riesgo (amenaza y vulnerabilidad).

También puede ser visto como un término sombrilla desde la perspectiva de un país ubicado en un contexto de multi-amenaza. Bajo el enfoque de GRRD ubicamos acciones, decisiones y relaciones desde el gobierno central hasta el nivel comunitario, para incluir todo aquello que se hace ya sea frente a lo que se considera una amenaza o para desarrollar acciones de mitigación frente a una larga lista de condiciones en que se encuentra la población o sus sistemas y que explican sus condiciones de vulnerabilidad. Agreguemos que todo ello se da en un país multiétnico donde coexisten paradigmas asociados a cosmovisiones diversas.

Desafortunadamente la mayoría de investigaciones incluyendo tesis de grado y post grado, han asumido este enfoque a partir del cual fenómenos hidrometeorológicos, volcánicos, sísmicos, o aquellos cuyo desencadenante se encuentra en uno de éstos, son definidos, estudiados y mostrados como la "amenaza".

Es probable que esta propuesta de definir y de intentar calcular el riesgo a partir de una fórmula que indica que

riferimenti teorici corrispondenti alle scienze sociali, siamo stati testimoni di un dibattito oscillante tra l'esigenza per rafforzare lo studio del cosidetto elemento sociale dei disastri (Quarantelly, 1982; Gilbert, 1995, tutti e due citati da Hewitt, 1993) e i diversi contributi che vincolano differenti categorie d'analisi che ci consentono ora una migliore comprensione della forma in cui gli svariati eventi possono interessare in modo diverso alle popolazioni ritenute vulnerabili (bambini, giovani, donne, anziani, minumati, pazienti Aids, tra altre).

Le aree d'incrocio

Eco (Eco 1998)[1] facendo riferimento alla voce 'commedia', lo presenta come un disgustoso termine "ombrello". Crediamo che tale espressione sarebbe utile alorquando usiamo la frase "rischio di disastro" per riferirci alle diverse forme in cui questo termine viene utilizzato oppure a ciocché sotto lo stesso si include: legami tra istituzioni, decisioni da loro intraprese, rapporti tra istituzioni e popolazioni, aree di adoperamento -dalle regionali a quelle nazionali e sottonazionali-, cornici normative, i nessi e le dinamiche tra le comunità, tra altre. Inoltre si fa così riferimento a quello che il detto approccio considera come fattori di rischio (minaccia e vulnerabilità).

Il suddetto, potrebbe essere visto anche come termine ombrello dalla prospettiva di un Paese localizzato in un contesto di multi-minaccia. Sotto l'approccio del GRRD individuiamo azioni, decisioni e rapporti -dal Governo centrale fino a quello comunitario-, includendo così tutto quanto si fa sia di fronte a ció che viene considerato una minaccia che per sviluppare opere di diminuzione davanti ad una lunga lista di situazioni in cui si trova la popolazione o i suoi sistemi e che implicano il proprio stato di vulnerabilità. Ne va aggiunto il fatto che tutto ciò avviene in un Paese multietnico dove convivono paradigmi associati a visioni del mondo assai diverse.

Purtroppo, la maggior parte delle ricerche, comprese tesi di laurea e di post laurea, hanno assunto questo approccio a partire del quale i fenomeni idrometeorologici, volcanici, sismici, inclusi quelli il cui innesco c'è tra uno di essi, vengono definiti, studiati ed esposti come la "minaccia".

E' probabile che questa proposta per definire e tentare di calcolare il rischio partendo da una formula indicante che i

[1] "... todo intento de definir lo cómico parece estorbado por el hecho de que es un término sombrilla, (que se refiere, en la jerarquía de Wittgenstein, a una red de semejanzas familiares) que reúne un molesto conjunto de fenómenos distintos y no del todo homogéneos, tales como humor, comedia, grotesco, parodia, sátira, ingenio, entre otros…". pp.9

sus factores son la amenaza y la vulnerabilidad sea el resultado de propuestas de instituciones internacionales que inicialmente sirvió para mostrar una nueva categoría de análisis, pero nosotros proponemos aquí que la investigación nacional, es decir, aquella orientada a analizar y explicar las especificidades de la propia realidad, a generar propuestas útiles especialmente para tomadores de decisiones, deben considerar que en el país coexisten dos formas de enfocar, nombrar y de llenar de significado aquellos términos que describen nuestros contextos urbanos y rurales.

La realización de una maestría realizada entre UNIPA y la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos, ha permitido la introducción de otro concepto, para estudiar lo que en la primera categoría de análisis que hemos analizado se entiende como amenaza. El grupo de participantes en esta maestría ha utilizado un marco teórico que en cambio, hace referencia a la peligrosidad, un término que además de demostrarnos una condición, y una dinámica, responde más a las necesidades de investigación de una población con un alto porcentaje perteneciente a grupos indígenas, cuyos imaginarios y cuya captación colectiva por sí misma, no considera un río, un volcán o la lluvia como una amenaza, pero si incluye en sus imaginarios, significados que identifican que en algún momento esos mismos elementos pueden ser el origen de un peligro; pueden representar un peligro.

Investigaciones recientes que hemos realizado en el área de Sololá (Nahualá, Boca Costa) y Quiché, en algunas comunidades que comparten una cuenca o una micro cuenca, nos muestran que el concepto de peligrosidad resulta más adecuado para investigar condiciones de riesgo asociadas a eventos extremos cuya recurrencia e intensidad se explican por el cambio climático.

En este nuevo escenario, el concepto de peligrosidad resulta más útil para analizar también aquellos espacios de intersección de ambas categorías (GRRD y cambio climático), sin dejar por un lado algunos componentes del viejo enfoque llamado “emergencista”, como podemos ver en el siguiente cuadro:

También existe actualmente en la región centroamericana un debate respecto a las vinculaciones que pueden hacerse entre el enfoque de GRRD tal como ha sido desarrollado conceptual y prácticamente hasta la fecha y el espacio que corresponde específicamente al riesgo urbano. Su origen se explica por la realización de varias iniciativas para trabajar en contextos urbanos donde inicialmente se

suoi fattori sono la minaccia e la vulnerabilità sia il risultato di proposte di istituzioni internazionali che all’inizio servì a dimostrare una nuova categoría d’analisi, ma noi proponiamo qui che le ricerche nazionali, ovvero quelle mirate ad analizzare e spiegare le specificità della propria realtà e a generare delle proposte utili particolarmente a quelli che devono prendere delle decisioni, devono considerare che nel nostro Paese convivono due forme di impostare, nominare e riempire di significato quei termini che descrivono i nostri contesti urbani e rurali.

L’avviamento di un master organizzato dall’UNIPA e la facoltà di Architettura della Universidad de San Carlos ha permesso l’introduzione di un altro concetto per analizzare quello che abbiamo revisato nella prima categoria, cioè, ciò che si intende come minaccia. I partecipanti a questo master ha usato una cornice teorica che invece fa riferimento alla pericolosità, un termine che oltre a mostrarci una condizione e una certa dinámica, responde meglio ai bisogni di una ricerca in una popolazione maggiormente indígena il cui immaginario e comprensione collettivi di per sé non considerano un fiume, un volcano o la pioggia come una minaccia, ma sì includono tra i propri concetti quelli che identificano gli stessi elementi come eventuali cause di pericolo, quindi possono rappresentare un pericolo.

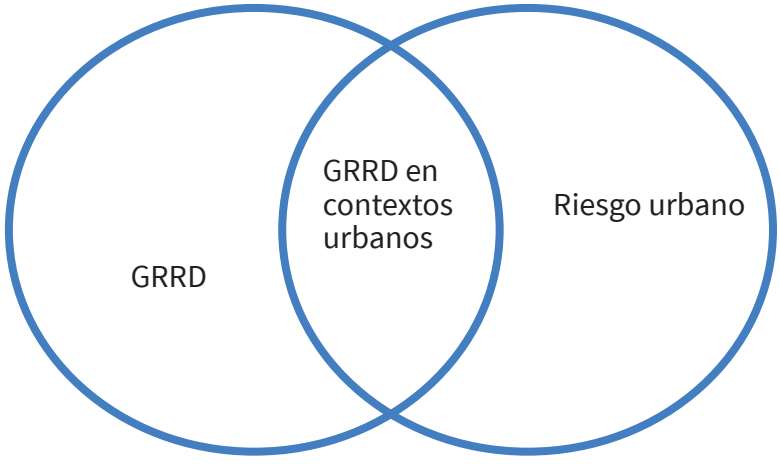
Indagini recenti da noi sbrigate nei dipartimenti di Sololá (specie Nahualá, Boca Costa) e di Quiché, in alcune popolazioni che condividono un bacino o un micro-bacino, ci hanno mostrato che il concetto di pericolosità risulta più adeguato all’indagine delle condizioni di rischio associate ad eventi estremi la cui ricorrenza e intensità si spiegano per via del cambiamento climatico.

Su questo nuovo scenario, il concetto di pericolosità risulta molto più utilie per analizzare anche quegli spazi di intrecio tra tutte e due le categorie (GRRD e cambiamento climático), senza però tralasciare alcuni componenti del vecchio approccio chiamato “emergenzialista”, come si può vedere nella seguente tavola:

C’è anche in atto nella regione centroamericana un dibattito rispetto i vincoli che si possono stabilire tra l’approccio GRRD - giusto come è stato sviluppato concettualmente e sulla pratica fino ad oggi - e lo spazio che corrisponde specificamente al rischio urbano. La sua origene si spiega dalla messa in moto di varie iniziative per lavorare in ambiti urbani, laddove inizialmente è stato

Elementos comunes entre enfoques		
Emergencista	**GRRD**	**Cambio Climático**
Desastres "naturales"	Eventos naturales, socionaturales, y antrópicos	
		Relación entre cambio climático y eventos extremos
		Implicaciones derivadas de cambios "inequívocos" en intensidad e impacto
		"incremento de la adversidad"
Implicaciones sociales en atención y gestión de emergencias y desastres	implicaciones sociales con énfasis en vulnerabilidad	
	Vulnerabilidad asociada a exposición	
	Reconocimiento de la importancia del rol de los factores no climáticos en determinar los impactos	
	Evento global con expresión local	
	relación con modelo de desarrollo	énfasis causal en el modelo de desarrollo y en formas de ser y de producir de los seres humanos (antrópico)
	Si el riesgo no puede ser eliminado completamente, la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático se focaliza en reducir exposición y vulnerabilidad	

Tomado de: Sánchez del Valle, Rosa. Ponencia presentada en el Diplomado Internacional "Derechos Humanos, ambiente, cambio climático y políticas públicas". Guatemala, 2012.



aplicó el enfoque de GRRD con sus factores de amenaza, vulnerabilidad y capacidades locales.

Nosotros consideramos que se trata de dos contextos distintos: una primera diferenciación diferencia asentamientos humanos que han sido construidos a partir de procesos de planificación, urbanización y, de alguna forma de ordenamiento territorial, de aquellos que se definen como asentamientos precarios urbanos (APU), muchos de ellos resultado de invasiones. En estos últimos, las relaciones entre actores efectivamente son de vecindad, ya que comparten un territorio. No obstante, estas formas de relacionamiento adquieren perfiles propios derivados de temporalidades asociadas a la invasión de los terrenos, los liderazgos que permitieron la inclusión en el grupo invasor, la organización comunitaria construida para lograr la permanencia y luego la legalización de los terrenos, entre otros. Algunas de estas características también explican, con el tiempo, formas asociativas para lograr desplazamientos siempre en terrenos ubicados en laderas y barrancos, pero buscando un mayor índice de seguridad o certeza en la propiedad.

En estos contextos precarios urbanos encontramos que los dos términos coexisten (amenaza y peligro). Estas visiones entonces, están determinadas en gran medida por la forma como las personas y los grupos los perciben, las formas de enfrentarlos y de salir de estas situaciones, por ello, también resulta necesario trabajar en conceptos que expliquen realidades específicas sin recurrir únicamente al uso de otros, impuestos desde una visión exclusivamente técnica, asociada más a las ciencias exactas que generalmente omiten el carácter social de los riesgos, asignan valores a sus factores o lo calculan en términos de probabilidad (Briones, 2008:9,10).

En todo caso, hay coincidencia en que es necesario fortalecer la capacidad de investigación, de formulación de propuestas teóricas que expliquen nuestras realidades específicas, y la consecuente formación de recurso humano, ya que en el futuro inmediato se tendrán que enfrentar mayores y peores desastres "naturales" y antrópicos (Pulido citando a Quarantelli, 1998: 256) una situación que Quarantelli ve como consecuencia de dos grandes tendencias mundiales: la industrialización y la urbanización.

applicato l'approccio GRRD con i suoi fattori di minaccia, vulnerabilità e capacità locali.

Noi consideriamo che si trattano di due ambiti diversi: da una parte, la distinzione tra insediamenti umani che sono stati costruiti in modo pianificato, urbani, con un certo ordinamento territoriale, e quelli che vengono definiti come insediamenti precari urbani (APU), molti di essi sono il risultato di un'invasione. In questi ultimi, i rapporti tra gli attori, in effetto, sono di vicinanza, visto che condividiono uno stesso territorio. Nonostante, queste forme di rapporto acquisiscono profili propri dovuti a fattori temporali associati all'invasione stessa dei terreni: i leadership che hanno permesso la propria inclusione nel gruppo invasore, l'organizzazione comunitaria stabilita per raggiungere la permanenza e in seguito la legalizzazione del possesso dei terreni, tra altri. Alcune di queste caratteristiche via via integrano anche forme associative per compiere spostamenti sempre su terreni ubicati su versanti e balze, ma con un maggiore interesse sulla sicurezza e la certezza sulla proprietá.

In questi ambiti urbani così precari troviamo che i due termini di cui sopra si ritrovano insieme (minaccia e pericolo). La visione da essi derivante è, quindi, determinata in grande misura dalla forma in cui le persone e i gruppi li percepiscono, come li affrontano e come ne escono da quelle situazioni. Perciò occorre anche lavorare su concetti che spieghino realtà specifiche senza far ricorso únicamente all'uso di altri termini, talvolta imposti da una visione piuttosto tecnica, associata più alle scienze esatte che di solito omettono il carattere sociale dei rischi, e assegnano dei valori ai loro fattori oppure li calcolano in termini di probabilità (Briones, 2008:9,10).

In ogni caso, ci si è d'accordo sul fatto che occorre rafforzare la capacità di ricerca, di creazione di proposte teoriche che siano in grado di spiegare le nostre realtà specifiche. E' necessario altresì arricchire la formazione del personale umano, visto che nel futuro prossimo si dovrà affrontare maggiori e peggiori disastri "naturali" e antropici (Pulido citando Quarantelli, 1998:256), una situazione che Quarantelli vede come conseguenza di due grandi tendenze mondiali: l'industrializzazione e l'inurbamento.

Referencias:

Eco, Umberto, V.V. Ivanov y Monica Rector, ed. 1998, Carnaval: Fondo de Cultura Económica.
Hewitt, Keneth, 1983. "The Idea of Calamity in a Technocratic
Moran Mérida, Amanda, 2000 Condiciones de vida y tenencia de la tierra en asentamientos precarios de la ciudad de Guatemala. Volume I. Guatemala.

10.5

El Atlas climático y de gestión de riesgo de Honduras

Atlante climatico e di gestione del rischio in Honduras

Por: Nabil Kawas[1]
Oscar Elvir[1]
Lidia Torres[1]
UNAH - Honduras

Resumen

Este trabajo intenta explicar el diseño, desarrollo y resultados del atlas climático y de gestión del riesgo de Honduras (Kawas et al. 2012), que surge como una necesidad planteada en el Marco del Proyecto Prevención y Recuperación de Crisis, Conflictividad y Seguridad Ciudadana convenido entre el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y la Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), el cual estuvo coordinado por el Instituto Hondureño de Ciencias de la Tierra (IHCIT) y que fue hecho una realidad con la ayuda de la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), resultando un proyecto para la elaboración de un atlas climatico y de gestión del riesgo de Honduras que presentará mapas e información sobre estos tópicos.

El atlas se elaboró con información obtenida de diferentes fuentes y procesada para la elaboración de mapas de amenazas, de variables climáticas, de vulnerabilidad y de capacidad de respuesta, tratando de integrar toda esta información en un documento que sirva para diferentes propósitos para la reducción de desastres en el país. La información y mapas del atlas puede ser utilizada tanto por expertos en el campo de la gestión del riesgo de desastres y así como por personas que requieran información general.

El artículo completo se incluye en el DVD.

Riassunto

Questo documento cerca di illustrare la elaborazione di un atlante climatico per la gestione dei rischi in Honduras (Kawas et al. , 2012), che si pone come un bisogno di Prevenzione e sicurezza pubblica concordati tra il Programma di sviluppo delle Nazioni Unite (UNDP) e l'Università nazionale Autonoma di Honduras (UNAH), che è stato coordinato dall'Istituto hondureño di Scienze della Terra (IHCIT) ivenuto una realtà con l'aiuto della Direzione dello sviluppo e della cooperazione (DSC) il risultato è l'Atlante del clima e della gestione del rischio in Honduras, nel quele vengono presentate mappe e informazioni su questi argomenti .

L'atlante è stato sviluppato con informazioni provenienti da varie fonti elaborati per la preparazione di mappe della pericolosità di variabili climatiche, della vulnerabilità e della capacità di risposta , cercando di integrare tutte queste informazioni in un documento che serve a scopi diversi per la riduzione delle calamità nel paese . Le informazioni e le mappe dell'atlante possono essere utilizzati sia da esperti nel campo della gestione del rischio di catastrofi così come da lettori che necessitano di informazioni generali.

L'articolo completo è incluso nel DVD.

[1] Instituto Hondureño de Ciencias de La Tierra (IHCIT), Universidad Nacional Autónoma de Honduras (UNAH), Ciudad Universitaria, Boulevard Suyapa, Tegucigalpa, M.D.C. Honduras; Centroamérica. Escuela de Física, edificio E1, primer piso, teléfono: (504)-22353030. Emails: nkawask@gmail.com,elvirferman@yahoo.com.mx,le_torresb@yahoo.com.Http: www.ichit.edu.hn.

10.6

Guatemala: Desastre y arte

Guatemala: Sciagure e arte

Por: Raúl Monterroso
USAC - Guatemala

Lo que hoy se conoce como Guatemala es un punto de encuentro de fallas y placas tectónicas que se mueven constantemente para marcar sus límites, territorio que surge a partir del choque de plataformas continentales, fuerza de la tierra que desvergonzada muestra su violenta belleza enmarcada por una cadena de montañas y volcanes, lo cual implica que esta tierra está siempre y literalmente en movimiento, lo cual poco a poco ha formado el paisaje natural, perfil que se manifiesta en una orgía tropical, hasta cierto punto platónica donde participan los prominentes conos de una cadena volcánica y las profundidades de los barrancos, quienes nunca llegarán a encontrarse, pero mientras se buscan moverán la tierra.

Este breve ensayo trata sobre la historia de Guatemala y como ésta ha sido escrita en gran parte por los desastres naturales, la narración gira en torno a como estos eventos son interpretados desde otras ópticas e incluso han sido materia prima para la producción artística de diferentes expresiones dándole un valor estético a la catástrofe.

La Ciudad de Guatemala ha sido una ciudad errante, primero se había asentado un 27 de julio de 1524 en Iximché, capital del reino kakchiquel y primer asentamiento formal fundado por Pedro de Alvarado en nombre del rey de España, debido a una rebelión indígena, siendo este el primer evento de riesgo social que ocasionó su traslado al Valle de Almolonga.

El traslado se hizo oficial el 22 de noviembre de 1527, se asentó en las faldas del volcán Hunapú, quince años después un 11 de septiembre de 1541, acaeció un deslave, la ciudad quedó devastada, por lo que debió ser trasladada nuevamente, desde entonces se conoce a la localidad como Ciudad Vieja y el coloso fue bautizado con el nombre de Volcán de Agua, por la terrible inundación que escupió ese día.

Ciò che oggi costituisce il Guatemala è niente di meno che il punto d'incrocio tra faglie e placche tettoniche dal movimento costante specie negli spazi di confine; quindi è un territorio che sorge a partire dello scontro tra piattaforme continentali, la cui forza, senza scrupoli, fa bella mostra della sua violenta bellezza. E' una terra incorniciata da catene di montagne e vulcani, il che implica che sia un territorio costantemente e letteralmente in moto, dal quale nasce il suo paesaggio naturale. E' quindi una terra il cui profilo si manifesta in una caotica orgia tropicale, fino ad un certo punto platonico, al quale partecipano le grosse sommità delle catene vulcaniche e le profondità dei valli, i quali anche se mai si incontreranno, continuano a provarci e nel frattempo muovono la terra.

Questo breve saggio si centra sulla storia del Guatemala e come questa è stata prevalentemente contrassegnata dai disastri naturali. La narrazione dei fatti gira attorno a come questi vengono intesi da svariate ottiche e come, addirittura, hanno costituito ispirazione per molteplici produzioni artistiche, fornendo per così dire un valore estetico alla sciagura.

La Città del Guatemala è stata, ai suoi inizi, una città nomade: dapprima, il 27 luglio 1524, fu insediata nei pressi di Iximché, città capoluogo della signoria Kakchiquel, divenne così il primo centro abitato fondato da Pedro de Alvarado nel nome del re di Spagna. A seguito di una ribellione degli indigeni, primo evento a rischio sociale contro gli spagnoli, la suddetta città dovette essere spostata alla Valle de Almolonga.

Il suddetto trasferimento avvenne il 22 novembre 1527. Si scelse una piccola valle sulle falde del vulcano "Hunapú". Quindici anni dopo, l'11 settembre 1541, ebbe luogo una frana che sepellì la città, ragione per cui l'insediamento fu trasferito di nuovo. Dopo questa sciagura, ciò che vi è rimasto viene chiamato "Ciudad Vieja" -Città Vecchia- ed

Doña Beatriz de la Cueva, viuda del conquistador, muere en dicho desastre, quedando a cargo de la Capitanía General de Guatemala su hermano don Francisco de la Cueva y el obispo Licenciado Francisco Marroquín, quienes deciden trasladar una vez más la capital del reino.

En esta oportunidad se selecciona el Valle de Panchoy; si la primera vez se buscó distancia de los levantamientos indígenas, en esta oportunidad lo importante era alejarse del volcán.

Sin embargo, los sismos siempre estuvieron presentes, como un constante recordatorio de la fuerza contenida en las entrañas de la tierra. La nueva ciudad se levanta tomando en cuenta este detalle, sólidos, anchos, casi ciegos los muros trabajarán por gravedad, en estos momentos nada se sabe aún del comportamiento de los movimientos telúricos, solo que se presentan, es así como surge un nuevo estilo único en América, el Barroco Antigüeño, llamado así por la singular proporción de sus elementos estructurales enriquecida por elementos decorativos que junto a otros valores han conformado la declaración de importancia patrimonial y al ser este testimonio de carácter único universal de la historia del pueblo de Guatemala, la declaración de Patrimonio de la Humanidad.

Lejos en el tiempo está aquella tarde del 29 de julio de 1773, cuando los Terremotos de "Santa Marta" destruyeron a "La muy Noble y muy Leal ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala". Desde el exilio en Italia, con mucha nostalgia Rafael Landívar escribe Rusticatio Mexicana (1782), en el Tercer Libro: Cataratas Guatemalenses, cuenta en su "Salve, Cara Parens, Dulcis Guathimala, Salve" como la otrora metrópoli admirable, no es más que ruinas, poesía que evoca el amor por su patria, pero también registra el espíritu emprendedor de un pueblo que no se doblega ante la tragedia, pues cual Ave Fénix, la ciudad vuelve a levantarse.

En 1776, se oficializa el traslado, en esta ocasión la distancia es proporcional al respeto por los volcanes, pues se consideran estos la causa de tantos movimientos.

En esta oportunidad la ciudad está más preocupada por otro tipo de movimientos, ya que las dinámicas económicas, sociales y políticas presionadas por los movimientos independentistas están a punto de ebullición.

En la segunda década del siglo XIX finalmente se da la independencia, como en otros aspectos las preferencias

il vulcano adiacente fu battezzato col nome di Vulcano d'Acqua, per via della terribile frana che dal suo cratere scese giù e distrusse la città sottostante.

Donna Beatriz de la Cueva, vedova del conquistatore, fu una delle vittime mortali del disastro di cui sopra, dopodiché si prendono a carico della Capitanía General de Guatemala suo fratello Francisco de la Cueva ed il Vescovo Dottore Francisco Marroquín. Sono loro a decidere il trasferimento della capitale del regno, questa volta fu scelta la valle di Panchoy. Se per il primo trasferimento si cercò di allontanarsi dagli ostili indigeni, ora si trattava di prendere distanza dal vulcano.

Tuttavia, le forze della natura saranno presenti nel territorio tramite le sempre costanti scosse. La progettazione della nuova città avrà conto di questo carattere sismico del terreno: i muri saranno solide, larghi e robosti, sostenuti per gravità. A quell'epoca, però, niente si sapeva del comportamento dei movimenti telurici al di là della loro esistenza. Nell'edilizia, influenzata dal dato appena accennato, nasce così un nuovo stile, unico nell'America: il Barocco Antigüeño, molto simile a il "Churrigueresco", ma chiamato così per via della singolare proporzione degli elementi strutturali utilizzati e arricchita dai componenti decorativi che insieme ad altri valori sono alla base della dichiarazione fatta dall'UNESCO, secoli dopo, designado l'Antigua Guatemala Patrimonio dell'Umanità, sottolineando la sua importanza e carattere unico nel contesto della storia del popolo del Guatemala.

Lontano nel tempo è rimasto il pomeriggio del 29 Luglio 1773 quando i "Terremoto de Santa Marta" distrussero "La Muy Noble y Muy Leal Ciudad de Santiago de los Caballeros de Guatemala". Dal suo esilio in Italia, con profonda nostalgia, l'insigne gesuita guatemalteco Rafael Landívar scrisse la sua "Rusticatio Mexicana" (1792) nel cui Terzo Libro (Cataratas Guatemalenses) racconta, nel suo famoso "Salve, Cara Parens, Dulcis Guathimala, Salve", come quella che fu un tempo ammirevole metropoli non è più che macerie. In quella sua poesia evoca l'amore che prova per la sua Patria, ma anche sottolinea lo spirito imprenditore di un popolo che non resta inginocchiato davani alla sciagura, e quale Fenix, la città si riprende e viva si rialza.

Ancora una volta, l'insediamento metropolitano soffre un nuovo trasferimento: nel 1776, dietro -"Cédula Real"- cedula reale la nuova costruzione si allontana ancor di più dai volcani, ritenuti la causa dei movimenti distruttivi. Già

estéticas voltean sus ojos hacia otros horizontes, da la espalda a todo lo que tenga relación con la corona española y se enfoca en el gusto inglés, francés y en menor grado italiano.

La influencia europea no dejó de lado las expresiones musicales, es así como desde finales del siglo XIX y principios del XX, muchos de los valses escritos para ser interpretados en marimba se componían sobre el teclado del piano, "Noche de luna entre ruinas", es un hermoso vals compuesto por Mariano Valverde, testimonio musical que conmueve las fibras más sensibles del ser, es una forma de traducir a la dimensión estética el desastre, el autor se inspira en el terremoto de "San Perfecto" que el 18 de abril de 1902 estremeció a la ciudad de Quetzaltenango, al occidente de Guatemala. Seis meses después la ciudad volvería a ser golpeada por el volcán Santa María el 24 de octubre de ese mismo año, afectando las plantaciones de café, sin su principal actividad económica, la ciudad no volvería a ser la misma.

De octubre de 1917 a enero de 1918, una serie de fuertes sismos son sensibles en la Nueva Guatemala de la Asunción, la ciudad es devastada, terminando de borrar las últimas evidencias de la colonia española, el Portal del Señor, el Real Palacio, son demolidos y se inicia un proceso para ser reemplazados, el tejado se sustituye por una técnica nueva para ese entonces, el concreto armado, pese a que la apariencia de las edificaciones continuaba siendo Neoclásica y en algunos casos Art Nouveau.

Las primeras décadas del siglo XX, transcurren con la tranquilidad provincial típica de la periferia, gobiernos dictatoriales marcaron los últimos cuarenta años del gobierno liberal, las guerras mundiales, propician a lo interno las condiciones para expropiar el patrimonio de algunos emigrantes alemanes.

Pese a tímidos intentos anteriores, la modernidad no se asume como una condición, sino hasta la Revolución de 1944, evento que permite refrescar el pensamiento de las elites educadas y ver hacia ideas que buscan migrar de un país feudal hacia un capitalismo moderno, lamentablemente al finalizar la segunda guerra, se inicia una nueva. La guerra fría trasladaría el campo de batalla a nuestros países.

El conflicto armado interno, consecuencia de un modelo de desarrollo centrado en la posesión de la tierra, dejo una cicatriz que aún en la actualidad la sociedad no puede borrar, las víctimas fueron muchas, campesinos,

per questa data, però la popolazione è piuttosto centrata su altri movimenti: le dinamiche economiche, sociali e politiche che si avviavano verso iniziative indipendentiste ormai divenute inarrestabili.

Nel secondo decennio del secolo XIX, finalmente l'indipendenza arriva e di conseguenza le preferenze estetiche voltano lo sguardo verso altri orizzonti: prendono distanza da tutto quanto abbia un rapporto con la corona spagnola e si concentra su espressioni dal gusto inglese, francese e in minor grado, italiano.

L'influsso europeo non fece a meno delle espressioni musicali; si noti ad esempio che dalla fine del secolo XIX ai primi del XX, molti dei valzer pensati per essere eseguiti sulla "marimba", venivano composti sulla tastiera del pianoforte. "Noche de luna entre ruinas", ne è un meraviglioso esempio di ciò, composto da Mariano Valverde è testimone musicale che commuove l'essere dal profondo. E' in un certo modo, una forma di tradurre in modo estetico la sciagura: l'autore infatti si è ispirato nel terremoto di "San Perfecto", che nel 18 aprile 1902 scosse la città di Quetzaltenango, all'occidente del Guatemala. Sei mesi dopo, la città sarebbe ancora una volta colpita dal vulcano Santa Maria, che fece eruzione il 24 ottobre dello stesso anno, interessando le piantaggioni di caffè, principale prodotto dell'economia della zona. La città non sarebbe stata mai più la stessa.

Da ottobre 1917 a gennaio 1918, uno sciame sismico viene percepito nella Nueva Guatemala de la Asunción; la città è annientata, svanendo così le ultime tracce della colonia spagnola: il Portal del Señor, il Real Palacio -Palazzo Reale- crollano e si decide la lor sostituzione; il tetto a tegole viene cambiato per una tecnica nuova per quell'epoca, il calcestruzzo, nonostante l'apparenza del costruito continuava essendo neoclassica e talvolta Art Nouveau.

I primi decenni del secolo XX si snodano con la tranquilità di provincia proprio come in periferia. Dittature si susseguono lungo gli ultimi quarant'anni del governo di taglio liberale. Le due guerre mondiali sono la cornice politica in cui molti emigranti tedeschi presenti sul territorio persero le loro proprietà, perchè avevano la bandiera nazi.

Salvo tiepidi tentativi precedenti, la modernità non viene assunta come una norma, fino alla Revoluzione del 1944, avvenimento che permise il rinovamento del pensiero

estudiantes, profesionales, empresarios, militares, niños y ancianos, todos con su sangre han escrito la historia moderna de Guatemala.

En ese contexto, un 4 de febrero de 1976, a las 3:00 de la mañana, la tierra volvería a recordar a los guatemaltecos que no está quieta, se mueve, sumado a las réplicas el sismo dejó un saldo de 23,000 víctimas, representando la catástrofe más recordada del siglo XX junto al conflicto armado interno.

Las imágenes del evento han quedado ampliamente registradas, tanto en reportajes de televisión, documentales, fotografías y narraciones escritas. Desde la perspectiva de las artes visuales, es importante resaltar dos ejemplos divergentes: por un lado el pincel de Manolo Gallardo, maestro del retrato moderno, desde un realismo muy propio, retrata a sus musas en medio de ruinas, principalmente de iglesias, contrasta ver la belleza de las jóvenes y sensuales musas entre las viejas y castas iglesias derruidas por el sismo en complicidad con el inexorable paso del tiempo.

Por otro lado, un testimonio mucho más humano, más real, plasmado desde la óptica de la pintura naif, característica de la llamada escuela de Comalapa, en la obra de Lorenzo Gonzalez Chavajay denominada Terremoto, 4 de Febrero 1976, se puede ver la desolación en los rostros de las mujeres, cargan con lo que pueden y queda, sobre sus cabezas su pocas pertenencias, en sus manos los niños y de fondo sus casas destruidas.

dei ceti aventi istruzione e li porta a cobare idee di cambiamento da un paese con ancora struttura feudale verso uno con capitalismo moderno. Purtroppo, alla seconda guerra mondiale la segue un'altra, diversa: la guerra fredda, che ad un certo tempo ebbe quale campo di battaglia i nostri Paesi.

La guerra interna, conseguenza di un modello di sviluppo centrato sulla possessione della terra, lasciò innumerevoli cicatrici che ancora ogggi la società non è riuscita a cancellare. Le vittime umane per migliaia: contadini, studenti, professionisti, imprenditori, soldati, bambini, anziani... tutti con il proprio sangue hanno scritto la storia moderna del Guatemala. La lotta dei sistemi nel ambito internazionale porta nel Guatemala a la morte de nostri fratelli.

Il "Realismo Magico" nella pittura di questo decennio si puo vedere nella opera di Marco Augusto Quiroa, Elmar René Rojas e Roberto Cabrera, che sembra e ricorda i fusilati di Francesco di Goya, riflesso dalla lotta spagnola contro i truppe di Napoleone. Anche i dipinti di Ixquiac Xicará mostra il sofrire dei indiani quiché.

In questa cornice, il 4 febbraio 1976, alle ore 03:00 del mattino, la Terra tornerebbe a ricordare ai guatemaltechi che lei non sarebbe rimasta, si muove. Insieme alle repliche, la scossa principale lasciò 23.000 morti e con ciò divenne il disastro del secolo XX più ricordato dagli abitanti di questa nazione insieme alla guerra civile sopra menzionata.



Le immagini dell'evento sono registrate sia nei servizi televisivi, documentari, fotografie e saggi. Dalla prospettiva delle arti visuali, ne vale la pena mettere in rilievo due esempi contrastanti: da una parte il penello di Manolo Gallardo, maestro del ritratto moderno, con un realismo molto suo, dipinge le sue muse in mezzo alle rovine, sopratutto di chiese.

firme y duradera, los intereses cambiaron y nuevos actores aparecen en escena. Como consecuencia de dicho conflicto, del citado terremoto de 1976 y de las condiciones económicas, los flujos hacia las principales ciudades se incrementan, como consecuencia los grupos sociales se transforman en comunidades urbanas, nuevas formas de expresión aparecen en el imaginario colectivo, el término arte contemporáneo surge en el vocabulario nacional a partir del Festival Octubre Azul, curado por Rossina Cazali en 1999.

Para fines de la primera década del siglo XXI, el arte contemporáneo, si bien es un concepto que aun no logra entenderse del todo es bien aceptado por las nuevas generaciones, tal vez por el carácter de su propuesta: unas veces crítica mordaz o con un fundamento intelectual consolidado, pero otras veces irreverente y lúdica, como ha quedado demostrado en muchas ocasiones, para el tema valga de ejemplo los "happenings" montados por el grupo denominado Buró de Intervenciones Públicas, un grupo que ha utilizado el espacio público como canal de comunicación, en dos ejemplos uno denominado "Playa Pública" y el otro llamado "Un día de playa" se utilizó para el montaje la arena emanada del Volcán de Pacaya en ocasión de la erupción de mayo del 2010.

Por último vale la pena resaltar el hecho que el mismo Banco de Guatemala ha ilustrado el billete de más alta denominación emitido hasta el momento, con la imagen de una catástrofe, es reflejo de como los guatemaltecos han aprendido no solo a convivir con el riesgo, sino a conferirle una categoría estética, la citada "Noche de luna entre ruinas" aparece en una de las caras del mismo, una evocación a la tragedia.





E' contrastante vedere la bellezza delle giovani e sensuai muse tra le vecchie e caste chiese crollate dalla scossa e dal passo inesorabile del tempo. Da un'altra parte, una testimoniaza molto più umana, più reale, impostata dall'ottica della pittura naif, caratteristica della scuola di Comalapa, si evidenzia nell'opera di Lorenzo Gonzalez Chavajay, detta "Terremoto, 4 de Febrero 1976". Si può osservare sui visi delle donne la desolazione. Portano sulle loro teste quel che possono e che le rimane; i loro bambini riposano sulle loro braccia e in fondo le loro case distrutte.

Verso la fine del secolo XX si apre una porta ad altre realtà: la signatura della Pace portò con sé la pace stabile e duratura, gli interessi cambiarono e nuovi attori comparivano sul palcoscenico politico e sociale. Negli ultimi decenni dell'anteriore secolo, la guerra, il terremoto del 1976 e le condizioni economiche, fanno sì che grossi flussi umani si dirigano verso i centri abitati, abbandonando la campagna e la provincia, di conseguenza questi gruppi umani diventano insediamenti urbani. Nuove forme di espressione sorgono nell'immaginario colettivo. Il termine arte contemporanea appare nel vocabolario nazionale a partire del Festival Octubre Azul, curato da Rossina Cazali nel 1999.

Già nella fine del primo decennio del secolo XXI, l'arte contemporanea, sebbene fosse ancora un termine non completamente capito, viene accettato dalle nuove generazioni, forse per via del suo carattere propositiva: a volte critica mordace oppure con solide basi intellettuali, altre volte irreverente e ludica, come dimostrato in molteplici occasioni, specie nelle "happenings" organizzati dall gruppo "Buró de Intervenciones Públicas" il quale ha utilizzato lo spazio pubblico quale canale di comunicazione, ad esempio negli eventi "Playa Pública" e "Un día de playa", nei quali sono state usate le ceneri espulse dal vulcano Pacaya nell'eruzione che fece in maggio 2010.

Per finire, vale la pena sottolineare che la stessa banca centrale, il Banco de Guatemala, ha inciso sulla banconota di più alto valore finora in circolazione un'immagine di una sciagura. Ciò fa bella mostra di quanto i guatemaltechi hanno imparato non soltanto a convivere col rischio ma anche ad attribuire ad esso una categoria estetica; è infatti la citata "Noche de luna entre ruinas" -Notte di luna tra le rovine- che viene rappresentata su uno dei lati della banconota da Q 200,00, una chiara evocazione di quel disastro.

10.7

Programa RAN Guatemala

Programma RAN Guatemala

Por: Luigi Pierleoni
Coordinador del Programa
Cooperación Italiana

El Programa de Emergencia "RAN, Riesgo Ambiental y Nutricional" ha sido financiado por el MAE/DGCS en 2010, con ocasión de los desastres perpetrados en Guatemala por la estación lluviosa propia de este país, que causó la muerte de más de 200 personas, la contracción del 0.5% del PIB previsto, la destrucción de numerosos servicios básicos (escuelas, puestos de salud, sistemas de irrigación, carreteras, etc.) y la reducción de la capacidad de producción agrícola de subsistencia. La tormenta tropical Agatha (2010), en particular, golpeó un país ya con dificultades, complicado por una coyuntura económica compleja (reducción de las remesas provenientes de los EE.UU., donde viven aproximadamente 1.500,000 guatemaltecos), preocupantes niveles de desnutrición infantil[1] y pobreza extendida, estos últimos agravados en 2009 por un largo periodo de sequías, que sobre todo en las áreas más áridas del país había causado un empeoramiento de las ya precarias condiciones de vida de millares de familias campesinas.

Considerando esto, el Programa fue ejecutado (de diciembre de 2010 a junio de 2012) con el objeto de contribuir ya sea a la reconstrucción infraestructural y organizativa de Guatemala, como a la reducción de la exposición al riesgo nutricional y ambiental de los sectores vulnerables de la población guatemalteca, ante todo mujeres y niños, sobre todo indígenas mayas, mayormente afectados por los altos índices de desnutrición crónica y aguda.

En particular, el Programa ha concentrado sus actividades en incidir en tres sectores:

1) Agricultura, seguridad alimentaria y salud: en Guatemala las más recientes emergencias climáticas (la sequía de 2009 y la tormenta Agatha

Il Programma di Emergenza "RAN – Rischio ambientale e nutrizionale" è stato finanziato dal MAE/DGCS nel 2010, a seguito dei disastri perpetrati in Guatemala dalla relativa stagione delle piogge, che come noto causò la morte di oltre 200 persone, la contrazione dello 0,5% del PIL previsto, la distruzione di numerosi servizi di base (scuole, presidi sanitari, sistemi d'irrigazione, strade, ecc.) e la riduzione delle capacità di produzione agricola di sussistenza. La tempesta tropicale Agatha (2010), in particolare, colpì un Paese già in difficoltà, alle prese con una congiuntura economica complessa (riduzione delle rimesse provenienti dagli USA, dove vivono circa 1.500.000 di Guatemaltechi), preoccupanti livelli di denutrizione infantile e povertà diffusa, questi ultimi acuiti nel 2009 da un lungo periodo di siccità, che soprattutto nelle aree più aride del Paese aveva causato un peggioramento delle già precarie condizioni di vita di migliaia di famiglie contadine.

In considerazione di ciò, il Programma è stato eseguito (da dicembre 2010 a giugno 2012) allo scopo di contribuire sia alla ricostruzione infrastrutturale e organizzativa del Guatemala, sia alla riduzione dell'esposizione al rischio nutrizionale e ambientale delle fasce vulnerabili della popolazione guatemalteca, prima di tutto donne e bambini - soprattutto indigeni Maya - maggiormente affette da alti indici di denutrizione cronica e acuta.

In particolare, il Programma ha concentrato le proprie attività in tre settori d'intervento:

1) Agricoltura, sicurezza alimentare e salute: in Guatemala le ultime emergenze climatiche (siccità 2009 e tempesta Agatha 2010) avevano avuto ripercussioni negative soprattutto sull'agricoltura

[1] Según la Encuesta de Salud Materno-Infantil/ENSMI (Guatemala 2008-2009), en Guatemala el 49,8% de la población infantil con menos de cinco años está desnutrida. Se trata, según estadísticas de las Naciones Unidas, del cuarto porcentaje más alto en el mondo, el primero en América Latina.

en 2010) han tenido repercusiones negativas sobre todo en la agricultura de subsistencia, exacerbando los ya graves niveles de desnutrición crónica y aguda de la población infantil (menor de cinco años) y materna. En tal sentido, como está previsto en la "Estrategia Nacional para la Reducción de la Desnutrición Crónica 2007-2016", promovida por el Gobierno guatemalteco, el Programa RAN ha trabajado con el objetivo de prevenir las condiciones de desnutrición crónica, mejorando la capacidad de producción de las familias dedicadas a la agricultura de subsistencia, dinamizando la economía familiar y sensibilizando a los padres y a las madres de familia sobre las causas y las consecuencia de la desnutrición infantil y materna. Además, ha contribuido al mejoramiento de las capacidades del Ministerio de Salud local para identificar y atender los casos infantiles de desnutrición aguda, mediante la creación de unidades hospitalarias ad hoc, la construcción y equipamiento de puestos de salud en áreas altamente vulnerables, la formación del personal médico y paramédico (incluidas las comadronas) y la dotación de equipos e instrumental médico-sanitario. En tales sectores, el Programa ha conseguido principalmente los siguientes resultados: Un Centro de recuperación nutricional construido y equipado; diez puestos de salud construidos y equipados; más de 600 familias beneficiadas por actividades de seguridad alimentaria; ejecución de campañas masivas de sensibilización sobre causas y consecuencias de la desnutrición; formación de personal de enfermería y de voluntariado sobe identificación y tratamiento de casos infantiles de desnutrición crónica y aguda.

2) Agua, ambiente, territorio y gestión de los recursos naturales: así como lo demuestran incluso recientes estudios[2] , en Guatemala la desnutrición golpea sobre todo a aquellas familias que no disponen de un sistema autónomo de aprovisionamiento de agua y más bien dependen de un sistema externo. Más allá del problema cuantitativo, se evidencia incluso un problema de calidad del agua disponible, que es a su vez el reflejo de una inadecuada e insostenible gestión de los recursos naturales del territorio. La temporada de lluvia de 2010, en tal sentido, destruyó o dañó sistemas de agua potable y sistemas de irrigación,

di sussistenza, esacerbando i già gravi livelli di denutrizione cronica e acuta della popolazione infantile (minore di cinque anni) e materna. In tal senso, così come previsto dalla "Strategia Nazionale per la Riduzione della Denutrizione Cronica 2007-2016" promossa dal Governo guatemalteco, il Programma RAN ha operato con il fine di prevenire le condizioni di denutrizione cronica, migliorando la capacità di produzione delle famiglie dedite all'agricoltura di sussistenza, dinamizzando l'economica familiare e sensibilizzando padri e madri di famiglia su cause e conseguenze della denutrizione infantile e materna. Inoltre, ha contribuito al miglioramento delle capacità del locale Ministero della Sanità di identificare e curare i casi infantili di denutrizione acuta, mediante la creazione di unità ospedaliere ad hoc, la costruzione e l'equipaggiamento di presidi sanitari in aree altamente vulnerabili, la formazione del personale medico e paramedico (ivi incluse le levatrici) e la dotazione di equipaggiamento ed attrezzature medico-sanitarie. In tale settore il Programma ha ottenuto i seguenti, principali risultati: 1 Centro di recupero nutrizionale costruito ed equipaggiato; 10 presidi sanitari costruiti ed equipaggiati; più di 600 famiglie beneficiate da attività di sicurezza alimentare; massicce campagne di sensibilizzazione su cause e conseguenze della denutrizione eseguite; personale infermieristico e volontario formato su individuazione e trattamento dei casi infantili di denutrizione cronica e acuta.

2) Acqua, ambiente, territorio e gestione delle risorse naturali: così come dimostrato anche da recenti studi , in Guatemala la denutrizione colpisce soprattutto quelle famiglie che non dispongono di un sistema autonomo di approvvigionamento idrico, ma che dipendono da un sistema esterno. Oltre al problema quantitativo, si evidenzia anche un problema di qualità dell'acqua disponibile, che è a sua volta il riflesso di un'inadeguata ed insostenibile gestione delle risorse naturali del territorio. La stagione delle piogge del 2010, in tal senso, aveva distrutto o danneggiato sistemi d'acqua potabile e sistemi d'irrigazione, i cui corretti funzionamenti hanno ricadute dirette, in termini positivi, sia sulle condizioni igienico sanitarie dei nuclei familiari,

[2] Evaluación rápida del impacto del fenómeno de "El Niño" en la seguridad alimentaria de comunidades vulnerables del corredor seco de Guatemala, RedHum Guatemala, 2009.

cuyo funcionamiento correcto tuvieron recaídas directas, en términos positivos, tanto sobre las condiciones higiénico-sanitarias de los núcleos familiares, en el ámbito rural y urbano, como sobre la capacidad productiva de las familias que viven de la agricultura de subsistencia. Se hizo, por tanto, necesario promover una gestión sostenible de los recursos naturales, con el fin de aumentar y mejorar el acceso al agua (de uso doméstico y de riego) sobre todo por parte de las familias que viven en condiciones o a riesgo de inseguridad alimentaria, reconstruyendo sistemas hídricos destruidos o dañados por la temporada de lluvia de 2010. En forma complementaria y transversal, el Programa ha promovido actividades de reforestación (con enfoque de cuenca) y de gestión correcta de los desechos domésticos, además de campañas de educación sobre la gestión sostenible de los recursos naturales a nivel comunitario. En tal sector, los principales resultados obtenidos son los siguientes: Un acueducto municipal rehabilitado y mejorado; seis sistemas comunitarios para la potabilización del agua construidos y/o restablecidos; 53 posos artesanales nuevos cavados y/o reactivados; instalación de 350 filtros familiares para la potabilización del agua; 9.5 hectáreas de terreno reforestado; promoción de actividades de incentivación de la economía familiar (producción y exportación de café orgánico; potabilización, embotellamiento y venta del agua potable; dinero por trabajo; etc.).

3) Reducción del riesgo de catástrofes: considerando la extrema vulnerabilidad ambiental en la cual se encuentra gran parte del territorio guatemalteco, considerada la necesidad de reducir los tiempos de respuesta a las emergencias, obviando la extrema centralización del sistema y confiriendo cuanto más posible continuidad a las políticas nacionales de gestión local del riesgo, ha sido plenamente compartida con el sistema guatemalteco de Protección Civil (CONRED[3]) la necesidad de promover intervenciones con enfoque comunitario, orientadas a crear en los poblados en que se actúa el capital humano y de infraestructura capaz de prevenir, mitigar y responder en forma adecuada a los eventos calamitosos. Más allá de la construcción de obras de infraestructuras de mitigación, orientadas a reducir la exposición de

in ambito rurale ed urbano, sia sulla capacità produttiva delle famiglie che vivono di agricoltura di sussistenza. Si è quindi reso necessario promuovere una gestione sostenibile delle risorse naturali, al fine di aumentare e migliorare l'accesso all'acqua (a scopo domestico ed irriguo) soprattutto da parte di quelle famiglie che vivono in condizione o a rischio d'insicurezza alimentare, ricostruendo sistemi idrici distrutti o danneggiati dalla stagione delle piogge del 2010. In forma complementare e trasversale, il Programma ha promosso attività di riforestazione (con approccio di bacino) e di corretta gestione dei rifiuti domestici, oltre che campagne di educazione sulla gestione sostenibile delle risorse naturali a livello comunitario. In tale settore, i principali risultati ottenuti sono i seguenti: 1 acquedotto municipale riabilitato e migliorato; 6 sistemi comunitari per la potabilizzazione dell'acqua costruiti e/o ripristinati; 53 nuovi pozzi artesiani scavati e/o riattivati; 350 filtri famigliari per la potabilizzazione dell'acqua installati; 9,5 ettari di terreno riforestati; attività d'incentivo dell'economia familiare promosse (produzione ed esportazione di caffè organico; potabilizzazione, imbottigliamento e vendita d'acqua potabile; denaro per lavoro; ecc.).

3) Riduzione del rischio di catastrofi: in considerazione dell'estrema vulnerabilità ambientale in cui versa gran parte del territorio guatemalteco, della necessità di ridurre i tempi di risposta alle emergenze, ovviando all'estrema centralizzazione del sistema e conferendo quanto più possibile continuità alle politiche nazionali di gestione locale del rischio, è stata pienamente condivisa con il sistema guatemalteco di Protezione Civile (CONRED) la necessità di promuovere interventi con approccio comunitario, volti a creare nei villaggi d'intervento il capitale umano ed infrastrutturale atto a prevenire, mitigare e rispondere in maniera adeguata agli eventi calamitosi. Oltre alla costruzione di opere infrastrutturali di mitigazione, tese a ridurre l'esposizione delle comunità alle minacce ambientali e a ripristinare (in luogo sicuro) o mettere in sicurezza servizi comunitari danneggiati e/o distrutti dalla precedente stagione delle piogge, il Programma ha promosso la figura del volontario

[3] Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, institución de protección civil del Estado guatemalteco, que se estructura a nivel central y periférico con base en lineamientos definidos por la Ley 109-96.

las comunidades a las amenazas ambientales y a restablecer (en un lugar seguro) o poner a salvo servicios comunitarios dañados y/o destruidos por la temporada de lluvia anterior, el Programa ha promovido la figura del voluntario de protección civil en el marco de las Coordinadoras Locales para la Reducción de Desastres (COLRED), eslabones territoriales de la CONRED que desempeñan un rol importante tanto de prevención como de primera respuesta ante las emergencias, dando apoyo y complementación a los equipos especializados de auxilio. Junto a las mujeres, los jóvenes de edad inferior a los 30 años se han convertido en los actores principales de los grupos de voluntarios de protección civil conformados, en el tentativo de rescatar y valorizar su rol activo dentro de las comunidades, favoreciendo en ellas senderos de inclusión social (sobre todo en los asentamientos precarios de la Ciudad de Guatemala, destrozados por la micro-criminalidad y por la exclusión social[4]). Las numerosas intervenciones de reconstrucción infraestructural de los servicios sanitarios y educativos pueden ser enmarcados en el "Plan Nacional de Reconstrucción con Transformación", promovido en 2010 por el Gobierno guatemalteco con el fin de coordinar el proceso de reconstrucción del país después del paso de la tormenta tropical Agatha. Los principales resultados obtenidos en tal sector son los siguientes: Tres escuelas rehabilitadas y ocho casas reconstruidas; un refugio temporal construido (el primero en el país construido respetando las principales normas del Manual Esfera[5] - normas mínimas de respuesta en caso de desastres-); 23 nuevas COLRED conformadas y equipadas; 4 COLRED reforzadas; 2 sistemas de alerta temprana instalados; promoción de campañas masivas de sensibilización sobre la importancia de la organización comunitaria para la gestión del riesgo; mejoramiento del equipo técnico a disposición del personal municipal y de los voluntarios de protección civil.

di protezione civile nel quadro delle Coordinadoras Locales para la Reducción de Desastres (COLRED), anelli territoriali della CONRED che svolgono un importante ruolo sia di prevenzione sia di prima risposta alle emergenze, a supporto e a complemento delle squadre specializzate di soccorso. Assieme alle donne, i giovani d'età inferiore ai 30 anni hanno costituito gli attori principali dei gruppi di volontari di protezione civile conformati, nel tentativo di riscattare e valorizzare il loro ruolo attivo all'interno delle comunità, favorendone percorsi di inclusione sociale (soprattutto negli insediamenti precari di Città del Guatemala, dilaniati dal micro-criminalità e dal disagio sociale). I numerosi interventi di ricostruzione infrastrutturale dei servizi sanitari ed educativi sono inquadrabili nel "Piano Nazionale di Ricostruzione con Trasformazione", promosso nel 2010 dal Governo guatemalteco al fine di coordinare il processo di ricostruzione del Paese a seguito del passaggio della tempesta tropicale Agatha. I principali risultati ottenuti in tale settore sono i seguenti: 3 scuole riabilitate e 8 case ricostruite; 1 rifugio temporaneo costruito (il primo rifugio del Paese costruito nel rispetto delle principali norme del Manuale Sfera - norme minime di risposta in caso di disastri -); 23 nuove Colred conformate ed equipaggiate; 4 Colred rafforzate; 2 sistemi di allerta precoce installati; massicce campagne di sensibilizzazione promosse sull'importanza dell'organizzazione comunitaria per la gestione del rischio; miglioramento dell'equipaggiamento tecnico a disposizione di personale municipale e di volontari di protezione civile.

[4] En los llamados "asentamientos precarios" de la Ciudad de Guatemala – una suerte de favelas centroamericanas – se concentra casi la mitad de la población de la capital: el 42%, equivalente a cerca de 400 mil personas, según Armanda Morán Mérida (Segregación, vulnerabilidad y exclusión social en la Ciudad de Guatemala. Una visión de los asentamientos precarios. Ciudad de Guatemala, CEUR/USAC, 2010, p. 8 versión digital).

[5] El Proyecto Esfera. Carta Humanitaria y Normas Mínimas en Respuesta Humanitaria (2011).



El Programa ha seleccionado los terrenos en los cuales intervenir con la guía de tres criterios principales:

- Concentración de los daños causados por el paso por el territorio guatemalteco de la tormenta tropical Agatha (cfr. "Plan Nacional de Reconstrucción con Transformación" elaborado por el Estado guatemalteco y análisis de los daños efectuado por la Cepal6).
- Índices territoriales de desnutrición crónica y aguda, infantil y materna (principales fuentes: Ministerio de Salud, SEGEPLAN, SESAN, NACIONES UNIDAS).
- Capacidad del Programa RAN de penetración y reconocimiento territorial.

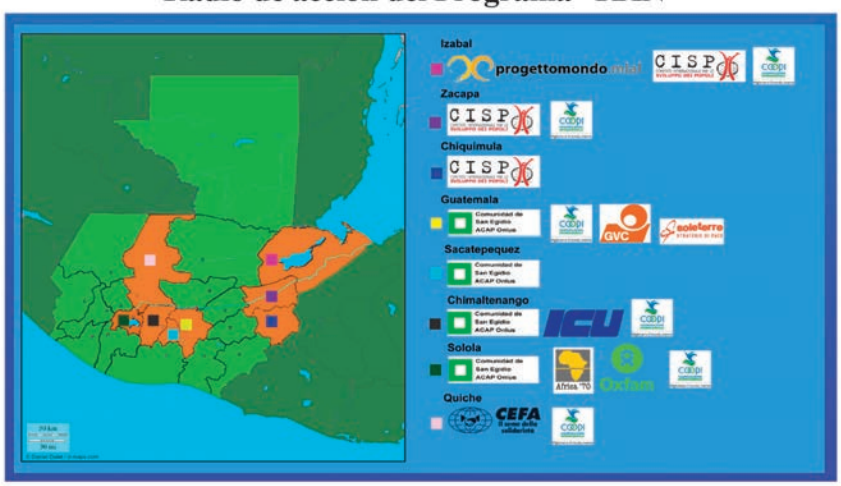
A continuación, se presenta el radio de acción del Programa, que ha sido ejecutado mediante la asignación de proyectos a ONG italianas (en alianza con ONG guatemaltecas) y la ejecución de intervenciones en gestión directa:

Il Programma ha selezionato i territori nei quali intervenire sulla scorta di tre criteri principali:

- *Concentrazione dei danni causati dal passaggio in territorio guatemalteco dalla tempesta tropicale Agatha (cfr. "Piano Nazionale di Ricostruzione con Trasformazione" elaborato dallo Stato guatemalteco e analisi dei danni effettuata dalla Cepal);*
- *Indici territoriali di denutrizione cronica e acuta, infantile e materna (principali fonti: Ministero della Sanità, Segeplan, Sesan, Nazioni Unite).*
- *Capacità del Programma RAN di penetrazione e riconoscimento territoriale.*

Di seguito, si riporta il raggio d'azione del Programma, che è stato eseguito mediante l'affidamento di progetti ad ONG italiane (in alleanza con ONG guatemalteche) e l'esecuzione di interventi in gestione diretta:

Radio de acción del Programa "RAN"



Programa de emergencia "RAN-GUATEMALA"

[6] Evaluación de daños y pérdidas sectoriales y estimación de necesidades ocasionadas por el paso de la Tormenta Tropical Agatha y la erupción del Volcán Pacaya, Cepal, 2010.

Con base en el análisis y en la relaboración de los tres criterios antes mencionados, es posible sostener que existe una yuxtaposición casi perfecta entre riesgo ambiental y nutricional, consecuencia del círculo vicioso de la pobreza, que impide a los ciudadanos mejorar, tanto el contexto territorial en el cual están inmersos (casa de residencia, amenazas ambientales inminentes, servicios básicos, etc.) como las condiciones higiénico-sanitarias de la propia familia.

A la luz de lo dicho y en línea con los principios estratégicos promovido por el Marco de Acción de Hyogo[7], el Programa ha actuado con el fin de reforzar y/o recuperar la capacidad de resiliencia de las poblaciones en las que ha trabajado, poniendo al centro de su accionar a los ciudadanos, con los cuales – en coordinación con el nivel nacional de la protección civil – se elaboraron planes locales para la prevención, la mitigación y la respuesta inmediata a los desastres ambientales.

A continuación, el gráfico resume el enfoque territorial dado a conocer por el Programa con el fin de crear capacidades técnicas y organizacionales dentro del poblado objetivo.

In base all'analisi e alla rielaborazione dei tre criteri di cui sopra, è possibile sostenere che esiste una sovrapposizione quasi perfetta tra rischio ambientale e nutrizionale, conseguenza del circolo vizioso della povertà, che impedisce ai cittadini il miglioramento sia del contesto territoriale nel quale sono immersi (casa di residenza, minacce ambientali imminenti, servizi di base, ecc.) sia delle condizioni igienico sanitarie ed alimentari della famiglia di appartenenza.

Alla luce di ciò ed in linea con i principi strategici promossi dal Quadro di Azione di Hyogo , il Programma ha agito allo scopo di rafforzare e/o recuperare la capacità di resilienza dei villaggi nei quali ha operato, mettendo al centro della propria azione i cittadini, con i quali – in coordinamento con il livello nazionale di protezione civile - sono stati elaborati piani locali per la prevenzione, la mitigazione e la risposta immediata ai disastri ambientali.

Di seguito, il grafico riassume l'approccio territoriale declinato dal Programma allo scopo di creare capacità tecniche ed organizzative all'interno dei villaggi meta.

C. Enfoque territorial



El enfoque territorial resultó ser de fundamental importancia para el reforzamiento de la resiliencia de las comunidades objetivo, en cuanto que ha permitido el involucramiento pleno de los habitantes – es decir, los principales protagonistas de los grupos de voluntarios de protección civil conformados por el Programa, en cuanto que serían los más inmediatos socorristas en

L'approccio territoriale si è rivelato di fondamentale importanza ai fini del rafforzamento della resilienza dei villaggi d'intervento, in quanto ha permesso il coinvolgimento pieno dei cittadini - ovvero i principali protagonisti dei gruppi di volontari di protezione civile conformati dal Programma, in quanto i più immediati soccorritori in caso di catastrofe -, delle istituzioni

[7] Marco de Acción de Hyogo para 2005-2015.

caso de catástrofe –, de las instituciones guatemaltecas (Municipalidades y Ministerios in primis) y del sector privado, el cual juega un rol fundamental en la protección del territorio en el cual está radicado. En tal sentido, vale la pena subrayar que el Programa ha buscado y obtenido la participación financiera de algunas importantes empresas guatemaltecas, las cuales según una lógica de alianza público-privada han contribuido, en varias áreas del país, a profundizar el impacto de las acciones de emergencia ejecutadas por las ONG.

A nivel metodológico, el Programa ha conseguido el reforzamiento de la resiliencia comunitaria haciendo énfasis en el uso, sistémico y contemporáneo, de tres ejes de acción: la preparación, la mitigación y la respuesta. Mediante la preparación, el Programa ha logrado crear en los poblados objetivo el capital social y organizativo necesario para identificar y prevenir las potenciales amenazas existentes en el territorio. Con tal objetivo, ha puesto en marcha actividades masivas de sensibilización de la ciudadanía (sobre todo en las escuelas) y de formación, organizando y equipando grupos de voluntarios de protección civil y/o promotores sanitarios y agrícolas. En forma complementaria, mediante el eje de la mitigación, el Programa ha reducido el potencial impacto de las amenazas ambientales, financiando obras infraestructurales e intentando dinamizar el tejido socio-económico del territorio. Gracias a la respuesta ha logrado, en cambio, no solo reconstruir, en un lugar seguro, infraestructuras básicas destruidas por Agatha (puestos de salud, y resguardo de escuelas in primis), sino incluso ha creado unidades locales especializadas en intervención de primera respuesta (a la desnutrición y a las catástrofes ambientales).

Con la diapositiva siguiente, se refuerza el concepto:

guatemalteche (Comuni e Ministeri in primis) e del settore privato, il quale gioca un ruolo fondamentale nella protezione del territorio nel quale è radicato. In tal senso, vale la pena sottolineare che il Programma ha ricercato ed ottenuto la partecipazione finanziaria di alcune importanti imprese guatemalteche, le quali secondo una logica di alleanza pubblico-privata hanno contribuito, in varie aree del Paese, ad approfondire l'impatto degli interventi di emergenza eseguiti dalle ONG.

A livello metodologico, il Programma ha ottenuto il rafforzamento della resilienza comunitaria facendo leva sull'utilizzo, sistemico e contemporaneo, di tre assi d'intervento: la preparazione, la mitigazione e la risposta. Mediante la preparazione, il Programma è riuscito a creare nei villaggi meta il capitale sociale ed organizzativo necessario per identificare e prevenire le potenziali minacce esistenti nel territorio; a tale scopo, ha messo in campo massicce attività di sensibilizzazione della cittadinanza (soprattutto nelle scuole) e di formazione, organizzando ed equipaggiando gruppi di volontari di protezione civile e/o promotori sanitari e agricoli. In forma complementare, mediante l'asse della mitigazione il Programma ha ridotto il potenziale impatto delle minacce ambientali, finanziando opere infrastrutturali e tentando di dinamizzare il tessuto socio-economico del territorio; grazie alla risposta è invece riuscito non solo a ricostruire, in luogo sicuro, infrastrutture di base distrutte da Agatha (presidi sanitari e messa in sicurezza di scuole in primis), ma anche a creare unità locali specializzate in interventi di prima risposta (alla denutrizione e alle catastrofi ambientali).

Con la slide successiva, si rafforza il concetto:



Programa de emergencia "RAN-GUATEMALA"

Con el objeto de promover el enfoque territorial ha resultado de fundamental importancia el involucramiento de las ONG italianas (Africa '70; GVC; COOPI; CISP; ICU; MLAL; SOLETERRE; CEFA; ACAP Sant'Egidio) y guatemaltecas, las cuales han garantizado al Programa no solo capacidad de penetración, reconocimiento y análisis territorial, sino también, y sobre todo, la creación de capacidades técnicas a nivel local (municipios y aldeas), en coordinación con el sistema nacional de protección civil.

También gracias al involucramiento de las ONG, el Programa RAN ha logrado dar fuerza y substancia a tres principios guía (las llamadas 3S), que han tenido el mérito de orientar la agenda metodológica y operativa del mismo Programa:

- Sistema: involucramiento de los actores de cooperación que operan con fondos italianos (cfr. Proyecto Multi-riesgo coordinado por UNIPA); creación de alianzas con instituciones y organizaciones presentes en el territorio objetivo; participación del Programa en las principales mesas de coordinación de los operadores humanitarios (por ejemplo: Rete Umanitaria).

- Subsidiariedad: reforzamiento de los mecanismos locales – al nivel más cercano posibile al lugar de la potencial catástrofe – con el fine di reducir los tiempos de respuesta en caso de emergencia y de promover campañas masivas de sensibilización de la población, en coordinación con las autoridades locales, las autoridades centrales y las organizaciones internacionales que operan en los territorio objetivo.

- Sostenibilidad: construir la estrategia de implementación de cada intervención desde la fase de penetración territorial y de construcción del proyecto, identificando e involucrando a los sujetos institucionales o de la sociedad civil más acordes para hacerse cargo de los resultados obtenidos por las acciones de emergencia.

El Programa, gracias a su propia fuerza de choque – institucional, metodológica y operativa – se ha convertido a través del tiempo en una actividad estructuradora de la Cooperación Italiana en Guatemala, habiendo logrado establecer una sinergia con las principales actividades financiadas por el MAE/DGCS en el país. En la siguiente diapositiva se subraya la importancia del enfoque

Ai fini della promozione dell'approccio territoriale è risultato di fondamentale importanza il coinvolgimento delle ONG italiane (Africa '70; GVC; COOPI; CISP; ICU; MLAL; SOLETERRE; CEFA; ACAP Sant'Egidio) e guatemalteche, le quali hanno garantito al Programma non solo capacità di penetrazione, riconoscimento e analisi territoriale, ma anche e soprattutto la creazione di capacità tecniche a livello locale (municipi e villaggi), in coordinamento con il sistema nazionale di protezione civile.

Anche grazie al coinvolgimento delle ONG, il Programma RAN è riuscito a dare forza e sostanza a tre principi guida (le cosiddette 3S), che hanno avuto il merito di orientarne l'agenda metodologica ed operativa:

- *Sistema: coinvolgimento degli attori di cooperazione che operano con fondi italiani (cfr. Progetto Multirischi coordinato da UNIPA); creazione di alleanze con istituzioni ed organizzazioni presenti nel territori meta; partecipazione del Programma nei principali tavoli di coordinamento degli operatori umanitari (per esempio: Rete Umanitaria).*

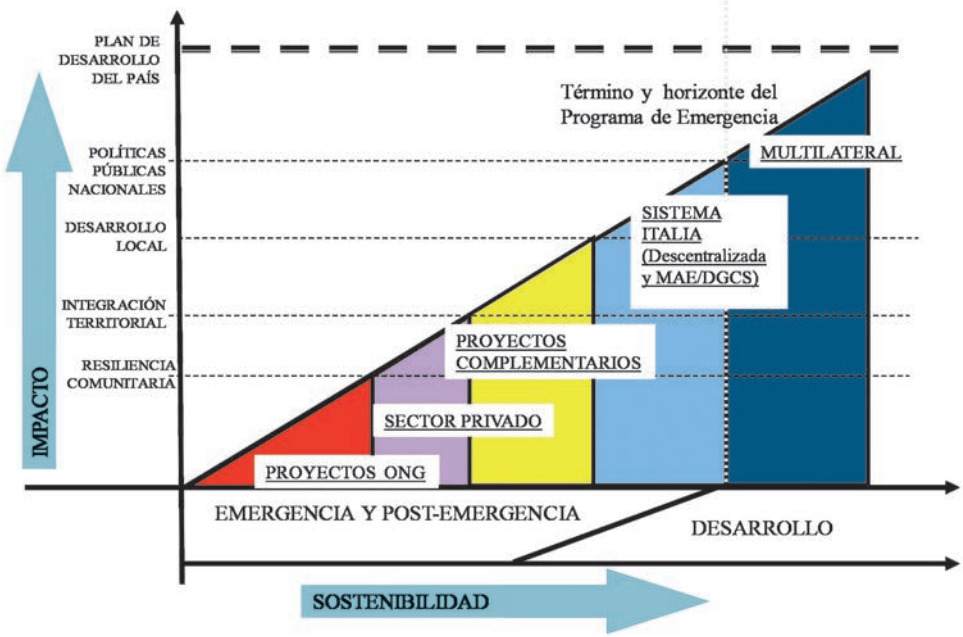
- *Sussidiarietà: rafforzamento dei meccanismi locali – al livello più vicino possibile al luogo della potenziale catastrofe - al fine di ridurre i tempi di risposta in caso di emergenza e di promuove massicce campagne di sensibilizzazione della popolazione, in coordinamento con le autorità locali, le autorità centrali e le organizzazione internazionali che operano nei territori meta.*

- *Sostenibilità: costruire la strategia di uscita di ogni intervento fin dalla fase di penetrazione territoriale e di costruzione del progetto, identificando e coinvolgendo i soggetti istituzionali o della società civile più consoni a prendersi carico dei risultati ottenuti dagli interventi di emergenza.*

Il Programma, grazie alla propria forza d'urto – istituzionale, metodologica ed operativa - è divenuto nel tempo intervento strutturante della Cooperazione Italiana in Guatemala, essendo riuscito ad entrare in sinergia con i principali interventi finanziati dal MAE/DGCS nel Paese. Nella slide successiva si sottolinea l'importanza dell'approccio sistemico, che ha permesso all'emergenza, grazie ad una serie di alleanze instaurate con vari soggetti istituzionali, di passare da un iniziale livello d'incidenza

sistémico que ha permitido a la emergencia, gracias a una serie de alianzas instauradas con varias instituciones, pasar de un nivel inicial de incidencia completamente anclado en los ciudadanos y a las instituciones de representación de base (Cocode[8]), a un nivel intermedio, caracterizado por la integración de la emergencia con los planes locales y regionales de desarrollo y por la interlocución con el nivel administrativo departamental y regional (Codede[9], Coredur[10]), hasta alcanzar un nivel nacional, que le ha permitido al Programa proponer a las instituciones nacionales de referencia – es el caso de CONRED, SESAN y Ministerio de Salud – mecanismos institucionales innovadores, potencialmente capaces de incidir positivamente en la reducción estructural del riesgo ambiental y nutricional[11] del país. En otras palabras, el Programa, gracias al enfoque sistémico, ha logrado multiplicar los interlocutores institucionales de referencia y ampliar el nivel inicial de incidencia: de la intervención operativa a la política pública, de la aldea a la nación, del ciudadano al ministro y de la emergencia al desarrollo.

completamente ancorato ai cittadini e alle istituzioni di rappresentanza di base (Cocode), ad un livello intermedio, caratterizzato dall'integrazione dell'emergenza con i piani locali e regionali di sviluppo e dall'interlocuzione con il livello amministrativo dipartimentale e di area vasta (Codede , Coredur), fino a giungere ad un livello nazionale, che ha permesso al Programma di proporre alle istituzionali nazionali di riferimento - nella fattispecie Conred, Sesan e Ministero della Sanità - meccanismi istituzionali innovatori, potenzialmente in grado d'incidere positivamente sulla riduzione strutturale del rischio ambientale e nutrizionale del Paese. In altre parole, il Programma, grazie all'approccio sistemico, è riuscito moltiplicare gli interlocutori istituzionali di riferimento e ad ampliare l'iniziale livello d'incidenza: dall'intervento operativo alla politica pubblica, dal villaggio alla nazione, dal cittadino al ministro, dall'emergenza allo sviluppo.



Programa de emergencia "RAN-GUATEMALA"

[8] Consejo Comunitario de Desarrollo.
[9] Consejo Departamental de Desarrollo.
[10] Consejo Regional de Desarrollo Urbano y Rural.
[11] A modo de ejemplo, ante la Conred el Programa ha promovido varios momentos de reflexión -algunos de los cuales en coordinación con el Programa Dipecho de la Unión Europea – sobre la importancia de que la institución se dote de mecanismos internos capaces de auto-incentivar la formación y el equipamiento del voluntariado de protección civil (predisposición de fondos ad hoc, para confiarlos a los nivele intermedios y locales de la Conred, encaminados a financiar proyectos de protección civil presentados por Colred/Ecored ya existentes; conformación, en la Conred, de una unidad predispuesta a la coordinación del voluntariado de protección civil; promoción de una Ley sobre el Voluntariado, etc.).

Como se colige de la diapositiva precedente, el avance en el desarrollo ha sucedido, en varios casos, gracias a la sucesiva ejecución de intervenciones más amplias, financiadas en su mayoría por organismos internacionales, capaces de dar una nueva savia, visión y longevidad a los resultados obtenidos por el Programa. Un traspaso de funciones, este, que el Programa ha de vez en cuando buscas, ante todo intentando concebir la emergencia como efecto colateral de un desarrollo inalcanzado o viciado en su origen. En tal sentido, el Programa ha enfatizado sobre la emergencia no solo para responder en manera puntual a las necesidades de la población (por ejemplo: reconstruyendo o rehabilitando servicios básicos destruidos o dañados por Agatha, construyendo obras infraestructurales de mitigación del riesgo, inyectando recursos financieros nuevos – dinero por trabajo, mejoramiento de la producción y comercialización del café orgánico-, salvando la vida a decenas de niños golpeados por la desnutrición aguda), sino que también para reconectar los hilos de dinámicas de desarrollo ya extenuadas y/o paralizadas, necesitadas, por reiniciar con nuevas energías financieras, institucionales, tecnológicas y metodológicas. Es así que la emergencia, en algunos casos, ha conseguido proveer el electroshock esperado, funcionando de complemento, detonador y apoyo de los planes de desarrollo existentes, sobre todo a nivel comunitario.

En la dispositiva siguiente se intenta resumir la compenetración buscada, y frecuentemente conseguida, entre emergencia y desarrollo:

Come si evince dalla slide precedente, lo sconfinamento nello sviluppo è avvenuto, in vari casi, grazie alla successiva esecuzione di interventi più ampi, finanziati per lo più da organismi internazionali, capaci di dare nuova linfa, visione e longevità ai risultati ottenuti dal Programma. Un passaggio di consegne, questo, che il Programma ha di volta in volta cercato, prima di tutto tentando di concepire l'emergenza come effetto collaterale di uno sviluppo mancato, o viziato all'origine. In tal senso, il Programma ha fatto leva sull'emergenza non solo per rispondere in maniera puntuale ai bisogni della popolazione (ad esempio: ricostruendo o riabilitando servizi di base distrutti o danneggiati da Agatha, costruendo opere infrastrutturali di mitigazione del rischio, iniettando risorse finanziarie nuove - danaro per lavoro, miglioramento della produzione e commercializzazione del caffè organico -, salvando la vita di decine di bambini colpiti dalla denutrizione acuta), ma anche per riannodare i fili di dinamiche di sviluppo ormai sfibrate e/o paralizzate, bisognose, per ripartire, di nuove energie finanziarie, istituzionali, tecniche e metodologiche. E' così che l'emergenza, in taluni casi, è riuscita a fornire l'elettrochoc sperato, fungendo da complemento, innesco e supporto ai piani di sviluppo esistenti, soprattutto a livello comunale.

Nella slide successiva si cerca di riassumere la compenetrazione ricercata, e sovente ottenuta, tra emergenza e sviluppo:

La emergencia busca y enlaza el desarrollo



- **Lo incentiva**: creando y reforzando capital (social, financiero, organizativo, infraestructural) en el territorio.
- **Lo complementa:** insertándose en los planes de desarrollo comunales y territoriales, y dando transversalidad al enfoque de reducción del riesgo de catástrofes.
- **Lo apoya:** contribuyendo a la operatividad de los planes municipales de reconstrucción y rehabilitación con enfoque de reducción del riesgo.

Sobre la base de tal apoyo metodológico, el Programa ha conseguido algunos resultados tangibles. Los principales se presentan a continuación:

Sulla base di tale supporto metodologico, il Programma ha ottenuto alcuni, tangibili risultati. I principali si riportano qui di seguito:

Agricultura, seguridad alimentaria y nutricional – Salud	Agua, ambiente, recursos naturales y territorio	Reducción del riesgo de catástrofes
✓ 1 Centro de Recuperación Nutricional (CRN) construido y equipado. ✓ 7 nuevos *Centros de Convergencia* construidos y equipados. ✓ 3 nuevos *Puestos de Salud* construidos y equipados. ✓ Campañas masivas de sensibilización efectuadas en lengua local mediante las radios comunitarias locales. ✓ 260 familias beneficiadas con animales de crianza. ✓ 270 familias beneficiadas con huertos. ✓ 47 comadronas formadas y equipadas para contrarrestar la desnutrición crónica y aguda.	✓ 1 acueducto municipal de agua potable (15,000 beneficiarios, aprox.) rehabilitado y ampliado. ✓ 2 filtros comunitarios para la potabilización del agua construidos. ✓ 4 sistemas comunitarios para la potabilización del agua potable construidos. ✓ 53 pozos de agua artesanales construidos y/o reactivados. ✓ 9,5 hectáreas, aproximadamente, de terreno reforestado. ✓ 1 centro para la transformación y el almacenamiento del café, ampliado. ✓ 36,000 plantas de café plantadas. ✓ 29 letrinas construidas. ✓ 350 filtros familiares para la potabilización del agua instalados a nivel familiar, escolar y hospitalario.	✓ 3 escuelas aseguradas y 8 casas reconstruidas en un lugar seguro. ✓ 1 refugio temporal construido respetando las principales normas del Manual Esfera. ✓ 1 refugio temporal mejorado. ✓ Reconstrucción de carreteras. ✓ 23 Grupos de Voluntarios de Protección Civil - Colred/Ecored - conformados, para un total de 550 nuevos voluntarios formados y equipados. ✓ 4 Grupos de Voluntarios de Protección Civil - Colred/Ecored – reforzados. ✓ 8 obras piloto de mitigación del riesgo construidas. ✓ 2 sistemas de alerta temprana instalados.

✓ 175 técnicos comunitarios de salud formados y equipados en temáticas socio-sanitarias. ✓ 42 promotores agrícolas formados y equipados para acompañar a la agricultura de subsistencia. ✓ 460 técnicos del Ministerio de Salud formados en seguridad alimentaria y nutricional.		✓ 1 ambulancia equipada, donada. ✓ 1 curso de especialización en gestión del riesgo efectuado (21 estudiantes formados). ✓ 1 Plataforma metropolitana de reducción del riesgo de catástrofes, reforzada. ✓ 1 obra teatral de sensibilización sobre la reducción del riesgo ambiental y nutricional financiada y presentada en las aldeas objetivo del Programa. ✓ Per lo menos 5,000 jóvenes en edad escolar sensibilizados sobre temáticas conexas a la reducción del riesgo de catástrofes.

El Programa ha podido contar también con la colaboración provista por fotógrafos y escritores italianos (sobre todo, Annalisa Vandelli y Maurizio Anselmi) y asociaciones culturales guatemaltecas, gracias a las cuales ha sido posible promover estrategias alternativas de comunicación social y de sensibilización sobre una temática de interés común: la importancia del voluntariado de protección civil con el fin de crear y hacer funcionar mecanismos, sostenibles y locales, de prevención y respuesta a los efectos de las amenazas ambientales[12].

Il Programma ha potuto contare anche sulla collaborazione fornita da fotografi e scrittori italiani (su tutti, Annalisa Vandelli e Maurizio Anselmi) e collettivi culturali guatemaltechi, grazie ai quali è stato possibile promuovere strategie alternative di comunicazione sociale e di sensibilizzazione su una tematica d'interesse comune: l'importanza del volontariato di protezione civile ai fini della creazione e del funzionamento di meccanismi, sostenibili e locali, di prevenzione e risposta agli effetti delle minacce ambientali .

[12] En particular, apremia recordar los 4 principales instrumentos de comunicación promovidos por el Programa, con el fin de incentivar la cultura del voluntariado de protección civil en Guatemala: - presentación en Guatemala de al exposición fotográfica de Maurizio Anselmi sobre la acción de asistencia primaria efectuada por los voluntarios italianos inmediatamente después del terremoto de L'Aquila; la redacción e impresión del libro fotográfico y narrativo "Oltre l'emergenza"; redacción e impresión de una agenda institucional 2012; diseño y presentación en las poblaciones objetivo del Programa de la obra teatral "Comunidad viva te quiero".

En el ámbito del enfoque sistémico adoptado por el Programa de Emergencia, el proyecto ejecutado por la Universidad de Palermo constituía, por sesgo metodológico, contenidos y objetivos, el exacto complemento del Programa mismo: más orientado a la formación académica de alto nivel, el proyecto coordinado por UNIPA, más centrado sobre acciones tangibles, de reconstrucción y rehabilitación, además sobre la formación de base de los voluntarios de protección civil el Programa RAN. En substancia, dos caras de una moneda, dos diferentes enfoques capaces de dar integralidad a la estrategia promovida por el MAE/DGCS en el sector de la reducción del riesgo de catástrofes en Guatemala. Para tal región, las dos intervenciones han buscado y obtenido compenetraciones varias, que van de la participación conjunta en seminarios y workshop, al intercambio de técnicas de comunicación social, del intercambio de análisis y reflexiones técnicas a la construcción conjunta de plataformas y metodologías de intervención.

Paradigmático, en particular, el enfoque provisto por el Programa de Emergencia y por el Proyecto UNIPA al reforzamiento del sistema nacional de Protección Civil (Conred): si, por un lado, el Programa ha reforzado su arraigo y operatividad a nivel descentralizado, formando y equipando grupos de voluntarios de protección civil al interno de las poblaciones golpeadas por la tormenta Agatha, predisponiendo vías de escape, construyendo y/o habilitando posibles refugios temporales, instalando instrumentos básicos para la señalización de los peligros y la alerta temprana, construyendo obras piloto de mitigación del riesgo; por otro lado, el Proyecto, coordinado por la Universidad de Palermo, ha contribuido a mejorar el nivel formativo de los actuales y futuros cuadros directivos de la Protección Civil del país, aquellos de quienes depende la coordinación nacional de la máquina humanitaria y, por tanto, también las obras de los eslabones del sistema, reforzados por el Programa RAN.

Además, para garantizar la máxima integración entre el nivel central (Proyecto UNIPA) y el local de acción (Programa RAN), han sido organizados encuentros temáticos en la Universidad de San Carlos de Guatemala para reflexionar sobre los pros y los contras del sistema nacional guatemalteco de Protección Civil, con la presencia de operadores in situ en los territorios (ONG, Voluntarios, personal del Programa RAN, personal de protección civil), de los estudiantes del master y del personal de las instituciones centrales.

La complementariedad entre el Proyecto UNIPA y el de Emergencia le ha permitido a Italia echar a andar

Nell'ambito dell'approccio sistemico adottato dal Programma di Emergenza, il progetto eseguito dall'Università di Palermo costituiva, per taglio metodologico, contenuti ed obiettivi, l'esatto complemento del Programma stesso: più teso alla formazione accademica di alto livello il progetto coordinato da UNIPA, più incentrato su azioni tangibili, di ricostruzione e riabilitazione, nonché sulla formazione di base dei volontari di protezione civile il Programma RAN. In sostanza: due facce di una stessa medaglia; due differenti approcci in grado di dare integralità alla strategia promossa dal MAE/DGCS nel settore della riduzione del rischio di catastrofi in Guatemala. Per tale ragione, i due interventi hanno cercato e ottenuto compenetrazioni varie, che vanno dalla partecipazione congiunta a seminari e workshop alla condivisione di tecniche di comunicazione sociale, dalla condivisione di analisi e riflessioni tecniche alla costruzione congiunta di piattaforme e metodologie d'intervento.

Paradigmatico, in particolare, l'apporto fornito dal Programma di Emergenza e dal Progetto UNIPA al rafforzamento del sistema nazionale di Protezione Civile (Conred): se, da un lato, il Programma ne ha rafforzato presa ed operatività a livello decentrato, formando ed equipaggiando gruppi di volontari di protezione civile all'interno di villaggi colpiti dalla tempesta Agatha, predisponendo vie di fuga, costruendo e o abilitando possibili rifugi temporanei, installando strumenti di base per la segnalazione dei pericoli e l'allerta precoce, costruendo opere pilota di mitigazione del rischio, dall'altra, il Progetto coordinato dall'Università di Palermo ha contribuito a migliorare il livello formativo degli attuali e futuri quadri direttivi della Protezione Civile del Paese, coloro dai quali dipende il coordinamento nazionale della macchina umanitaria e, quindi, anche l'operato degli anelli decentrati del sistema, rafforzati dal Programma RAN.

Inoltre, per garantire massima integrazione tra il livello centrale (Progetto UNIPA) e quello locale d'intervento (Programma RAN), sono stati organizzati incontri tematici presso l'Università San Carlos per riflettere su pregi e difetti del sistema nazionale guatemalteco di Protezione Civile, alla presenza di operatori di stanza nei territori (ONG, Volontari, personale del Programma RAN, personale di protezione civile), degli studenti del master e del personale delle istituzioni centrali.

La complementarietà tra il Progetto UNIPA e quello d'Emergenza ha permesso all'Italia di mettere in campo

una estrategia integrada y difundida de reforzamiento del sistema nacional de protección civil de un país, Guatemala, considerado el cuarto en el mundo más vulnerable a las consecuencias del cambio climático (el primero en América Latina, según las estadísticas de las Naciones Unidas). Tal estrategia le ha permitido, por una parte, a Guatemala mejorar sus capacidades de prevención, mitigación y respuesta a los eventos calamitosos, y por otra parte, a la Cooperación Italiana desempeñar un rol de primer plano en el país entre los cooperantes internacionales activos en el sector de la reducción del riesgo de catástrofes.

Dos países, Guatemala e Italia, por demás unidos por un riesgo ambiental latente y estructural. Un abanico de riesgos (terremotos, inundaciones, erupciones volcánicas, etc.) con el cual los ciudadanos de ambos países conviven desde siempre, un abanico de riesgo contra el cual los ciudadanos de ambos países deben organizarse con previsión, valores y sentido del bien común. Organizarse, y es bueno subrayarlo, significa no solamente desarrollar capacidades, tecnologías, equipamientos y habilidades técnicas; organizarse significa también ser ciudadanos más responsables, más interesados y propensos a tutelar, en manera ordenada y planificada, su territorio del daño, del descuido, de la desidia, de la amenazas ambientales (que a causa del cambio climático serán cada vez más ingentes). También en esto consiste el aporte dado por la Cooperación Italiana en Guatemala: haber demostrado que el progreso científico, la formación académica y el involucramiento – ordenado, planificado y significativo – de los ciudadanos son elementos imprescindibles de cualquier política integrada de reducción de riesgo ante catástrofes.

una strategia integrata e diffusa di rafforzamento del sistema nazionale di protezione civile di un Paese, il Guatemala, considerato il quarto al Mondo più vulnerabile alle conseguenze del cambiamento climatico (il primo in America Latina, secondo statistiche delle Nazioni Unite). Tale strategia ha permesso, da un lato, al Guatemala di migliorare le proprie capacità di prevenzione, mitigazione e risposta agli eventi calamitosi, dall'altro, alla Cooperazione Italiana di ritagliarsi un ruolo di primo piano nel Paese tra i cooperanti internazionali attivi nel settore della riduzione del rischio di catastrofi.

Due Paesi, il Guatemala e l'Italia, del resto accomunati da un rischio ambientale latente e strutturale. Un ventaglio di rischi (terremoti, inondazioni, eruzioni vulcaniche, ecc.) con il quale i cittadini di entrambi i Paesi convivono da sempre; un ventaglio di rischi contro il quale i cittadini di entrambi i Paesi devono organizzarsi con lungimiranza, valori e senso del bene comune. Organizzarsi, è bene sottolinearlo, significa non solo sviluppare capacità, tecnologie, equipaggiamenti e abilità tecniche; organizzarsi significa anche essere cittadini più responsabili, più interessati e più propensi a tutelare, in maniera ordinata e pianificata, il proprio territorio dal dissesto, dall'incuria, dalle minacce ambientali (che a causa del cambiamento climatico saranno sempre più ingenti). Anche in questo consiste l'apporto fornito dalla Cooperazione Italiana in Guatemala: aver dimostrato che il progresso scientifico, la formazione accademica e il coinvolgimento – ordinato, pianificato e qualificante – dei cittadini sono elementi imprescindibili di qualsivoglia politica integrata di riduzione del rischio di catastrofi.

10.8

Proyecto África ‘70
“Asentamientos urbanos sostenibles en el Municipio de Sonsonate”
financiado por el Ministerio de Asuntos Exteriores de Italia
“Insediamenti urbani sostenibili nel Municipio di Sonsonate”,
co-finanziato dal Ministero degli Affari Esteri di Italia

Por: Ilaria Picilli
Coordinadora del Programma

Movimiento África ‘70 es una ONG italiana que nace en 1971 como movimiento civil y cultural de apoyo a la lucha de liberación de los países africanos colonizados. Africa ‘70 opera en África, América Central y Medio Oriente, donde acompaña a la población más vulnerable en procesos de cambios sociales y sostenibles orientados a la mejora de su calidad de vida, mediante acciones innovadoras, participativas, incluyentes y solidarias en temas de participación ciudadana, planificación territorial, soberanía alimentaria y conservación de ecosistemas.

En 1996 Africa ‘70 empezó a trabajar en Nicaragua con un proyecto de planificación urbana e integración rural. Actualmente está presente en Centroamérica en: El Salvador, Nicaragua, Guatemala y Honduras en los cuales ha realizado diversos proyectos. Las intervenciones en el territorio se enfocan a promover: la resolución de los conflictos, la integración, la equidad social, la equidad de género, la adaptación frente el cambio climático a través de proyectos, programas y estrategias de incidencia en las políticas de desarrollo local. El enfoque bajo del cual se desarrollan acciones es la planificación sostenible territorial participativa, es decir la construcción de un dialogo entre ciudadanos, comunidades y gobiernos locales, la cual se convierte además de un instrumento técnico en un proceso por medio del cual la población beneficiada se concientiza, se apropia y se vuelve protagonista. Concientización, apropiación y protagonismo son los elementos fundamentales de una nueva dinámica de desarrollo local donde las comunidades tienen que empoderarse en la gestión de sus territorios y recursos.

Actualmente está ejecutando el proyecto “Asentamientos urbanos sostenibles en el Municipio de Sonsonate”,

La ONG italiana Movimento Africa ’70 nasce nel 1971 come movimento civile e culturale in appoggio alle lotte di liberazione dei paesi africani colonizzati. In più di quaranta anni di attività, Africa ’70 ha dato vita a numerosi progetti di cooperazione in Africa, America Centrale e Medio Oriente, accompagnando la popolazione più vulnerabile in processi di cambio sostenibile e sociale, orientati al miglioramento della qualità di vita, attraverso la promozione di azioni innovative, partecipative, inclusive e solidarie in tema di partecipazione cittadina, pianificazione territoriale, sovranità alimentaria e conservazione di ecosistemi.

Africa ’70 é presente in Centroamerica dal 1996, quando cominciò in Nicaragua un progetto di pianificazione urbana e integrazione rurale. Attualmente Africa ’70 ha attivi differenti progetti nella regione centroamericana: El Salvador, Nicaragua, Guatemala e Honduras. Gli interventi nel territorio promuovono: la risoluzione di conflitti, l’integrazione dei gruppi più vulnerabili della società, l’equità sociale, l’equità di genero, l’adattamento al cambio climatico grazie a progetti, programmi e strategie di incidenza nelle politiche di sviluppo locale. Africa ’70 promuove la pianificazione sostenibile partecipativa del territorio, ossia la costruzione di un dialogo fra cittadini, comunità e governo locale, la quale da strumento tecnico si trasforma in un processo di acquisizione di coscienza della popolazione, come protagonista del cambio. Sensibilizzazione, appropriazione e protagonismo sono gli elementi fondamentali di una nuova dinamica di sviluppo locale, in cui le comunità vengono coinvolte attivamente nei processi decisionali di gestione del territorio e delle sue risorse e responsabilizzati.

financiado por el Ministerio de Asuntos Exteriores de Italia. El proyecto nace como continuación del proyecto "Reducción de riesgo en las comunidades del Río Sensunapàn", ejecutado entre el 2009 y 2010 y financiado por el programa Emergencia de la Embajada Italiana en El Salvador. Gracias a dicho proyecto se fortalecieron las capacidades de auto-protección de las comunidades ubicadas a lo largo de las orillas del Rio Sensunapàn, aumentando la cohesión social, la conciencia sanitaria y la capacidad de respuesta comunitaria frente a la emergencia, en particular en la fase de la primera respuesta.

El objetivo, en los tres años de ejecución del proyecto, es reducir el riesgo de desastres en las 16 comunidades beneficiarias, actuando según una visión de participación directa en la gestión integral del riesgo en los ámbitos de la organización comunitaria, de la prevención, de la mitigación de catástrofes y del desarrollo económico local.

Los resultados esperados son:

1. Construida una red local de Comisiones Comunales de protección civil, prevención y mitigación de los desastres;

2. Construido un asentamiento urbano sostenible donde alojar las familias amenazadas ante riesgo de inundación y deslizamiento;

3. Reducida la vulnerabilidad ambiental de las comunidades urbano-marginales;

4. Reducida la vulnerabilidad social y económica de las comunidades urbano-marginales.

Attualmente é in corso in El Salvador il progetto "Insediamenti urbani sostenibili nel municipio di Sonsonate", co-finanziato dal Ministero degli Affari Esteri italiano. La presente proposta progettuale costituisce la logica conseguenza del progetto "Riduzione del rischio nelle comunità del Rio Sensunapán", implementato fra il 2009 e il 2010 nel quadro dell'Iniziativa d'Emergenza dell'Ambasciata d'Italia in El Salvador. Grazie a questo progetto si rafforzarono le capacità di autoprotezione delle comunità insediatesi lungo il fiume Sensunapan, rafforzando la coesione sociale, la coscienza sanitaria e la capacità di risposta comunitaria all'emergenza, in particolare nella fase di prima risposta.

L'obiettivo, durante i tre anni di durata del progetto, é ridurre il rischio di disastri nelle comunità beneficiate, agendo secondo una visione partecipativa di gestione integrale del rischio, negli ambiti dell'organizzazione comunitaria, della prevenzione e della mitigazione dei disastri e dello sviluppo economico locale.

I risultati attesi sono:

1. *Costituita una rete locale di Commissioni Comunali di protezione civile, prevenzione e mitigazione dei disastri;*

2. *Costruito un insediamento abitativo sostenibile dove accogliere le famiglie minacciate da pericolo d'inondazione;*

3. *Diminuita la vulnerabilità fisica e ambientale degli insediamenti urbano marginali;*

4. *Diminuita la vulnerabilità socio economica degli insediamenti urbano marginali.*



Figura 10.1. Asentamientos vulnerables a lo largo del río Sensunapan, beneficiados del proyecto coordinado por África 70. En esta comunidad se refuerza la organización comunítaria con el fin que la población pueda responder activamente a situaciones de mergencia durante desastres naturales.

Los beneficiarios de la intervención son:

- 1,851 habitantes de 16 asentamientos urbanos periféricos. Las 16 comunidades urbanas periféricas que están posicionadas a lo largo de las orillas de los ríos Sensunapán, Julupe y Ceniza se beneficiarán con la realización de un proceso participativo con el fin de analizar las posibilidades de desarrollo territorial. Dentro de las comunidades serán realizadas actividades de mitigación del riesgo de inundación y de deslizamiento y la remodelación de las viviendas más vulnerables. Además, el proyecto se centrará en la reducción de la vulnerabilidad social y económica de las mismas comunidades;
- 40 familias en alto riesgo que se reubicarán en un nuevo asentamiento;
- 100 familias a la cual se remodelará la vivienda;
- Sistema Municipal de Protección Civil: se reforzará la capacidad de respuesta a los desastres por medio de la creación, la formación y el equipamiento de las Comisiones Comunales de Protección Civil y sus conexiones directas con la Comisión Municipal de Protección Civil;
- ADEL Sonsonate (Agencia de Desarrollo Económico Local): la Agencia de Desarrollo Económico Local (ADEL Sonsonate) será sostenida por asistencia legal y técnica para la gestión de microcréditos y para mejorar su acción en el territorio del Departamento de Sonsonate;
- Municipalidad de Sonsonate: por medio de la participación de 2 técnicos municipales en la maestría “Instrumentos de Gestión Ambiental Sostenible” de la Universidad de Centroamericana (UCA).

I beneficiari del progetto sono:

- *1.851 abitanti di 16 insediamenti urbano-marginali. Le 16 comunità urbano-marginali che si trovano sui fiumi Sensunapán, Julupe e Ceniza sono beneficiate attraverso la realizzazione di un processo partecipativo volto a riconoscere e analizzare le potenzialità di sviluppo endogeno. All’interno delle comunità sono state svolte attività di mitigazione del rischio d’inondazione e di smottamenti. In più il progetto promuove la riduzione delle vulnerabilità socioeconomiche delle stesse comunità.*
- *40 famiglie ad alto rischio di inondazione, le quali saranno ubicate in terreni più sicuri.*
- *100 famiglie insediate in abitazioni a rischio crollo.*
- *Sistema Municipale di Protezione Civile. Si rafforzeranno le capacità di risposta ai disastri attraverso la creazione, la formazione e l’equipaggiamento delle Commissioni Comunali di Protezione Civile e il loro collegamento diretto con la Commissione Municipale di Protezione Civile.*
- *ADEL Sonsonate (Agenzia di sviluppo economico locale). Si accompagnerà ADEL Sonsonate con assistenza tecnica e legale sulle metodologie di gestione del micro-credito per migliorare la sua azione sul territorio del Dipartimento di Sonsonate.*
- *Municipio di Sonsonate. Attraverso la partecipazione di due tecnici municipali al corso “Strumenti di Gestione Ambientale e Sostenibile” della UCA (Università Centro Americana) si miglioreranno le capacità di pianificazione e gestione del territorio della Municipalità stessa.*



Figura 10.2. Comisiones comunales de protecció civil organizadas durante el proyecto África 70.

El proyecto en curso busca trabajar los tres enfoques de la gestión del riesgo: el enfoque correctivo, reactivo y prospectivo. Los elementos claves alrededor del cual se desarrolla el proyecto son tres: la gestión del riesgo, la resiliencia y la comunidad. El objetivo es crear comunidades resilientes, es decir comunidades que sepan manejar las amenazas, minimizar sus efectos y recuperarse rápidamente de cualquier impacto negativo, manteniendo sus estructuras básicas, funciones e identidad. Esto significa poner mayor énfasis en qué es lo que las comunidades pueden hacer por sí mismas y cómo se pueden fortalecer sus capacidades.

Por eso uno de los componentes de este proyecto está orientado a la organización, capacitación y equipamiento de las Comisiones Comunales de Protección Civil.

En las 16 comunidades urbano-marginales beneficiarias se han conformado 12 Comisiones Comunales de Protección Civil. Este esfuerzo de organización de las Comisiones ha requerido coordinaciones conjuntas entre diferentes instituciones que forman parte de la Comisión Municipal de Protección Civil, desde la Alcaldía Municipal hasta la Dirección General de Protección Civil. La articulación de este esfuerzo refleja el verdadero espíritu del sistema nacional de protección civil y demuestra que es posible generar consensos entre los diferentes sectores del Municipio, por supuesto encaminados a mejorar las condiciones de respuesta de las comunidades más vulnerables. Las comisiones comunales han sido capacitadas y concientizadas en diferentes temáticas relacionadas con la gestión del riesgo para la planificación de la respuesta ante diferentes situaciones de emergencia, lo cual queda reflejado en los Planes Comunitario de protección civil. Los Planes han sido el resultado de un primer modulo de capacitación facilitado por los técnicos de la Dirección General de Protección Civil. Las comisiones han recibido también

Il progetto in corso sviluppa le tre linee di azione proprie della gestione integrale del rischio: l'approccio correttivo, reattivo e prospettivo. Gli elementi chiave fondamentali per lo sviluppo del progetto sono: la gestione del rischio, la resilienza e la comunità. L'obiettivo é creare comunità resilienti che possano gestire le loro vulnerabilità, sviluppando azioni intenzionali volte a rafforzare la capacità personale e collettiva dei suoi membri con il fine di recuperare rapidamente le proprie capacità dopo qualsiasi impatto negativo, mantenendo la propria struttura organizzativa e identità. Per questo uno dei componenti del progetto é orientato all'organizzazione, educazione e equipaggiamento delle Commissioni Comunali di Protezione Civile.

Si sono organizzate 12 Commissioni Comunali di Protezione Civile nelle 16 comunità urbano-marginali per cui é stata fondamentale la coordinazione sinergica fra le istituzioni che formano parte della Commissione Municipale di Protezione Civile, il Municipio di Sonsonate e la Direzione Generale di Protezione Civile. Ciò riflette lo spirito del sistema nazionale de protezione civile e dimostra che é possibile generare consenso fra i differenti settori del municipio, incamminato a migliorare le condizioni di risposta delle comunità più vulnerabili.

E' stato avviato un processo di formazione e sensibilizzazione delle Commissioni Comunali in differenti tematiche relazionate alla gestione integrale del rischio e alla pianificazione della risposta durante situazioni di emergenza. Tutto ciò é raccolto nei Piani Comunitari di Protezione Civile, i quali sono stati il risultato di un primo corso tenuto dai tecnici della Direzione Generale di Protezione Civile. Durante il secondo modulo del corso ogni squadra che forma parte delle Commissioni Comunali é stata preparata



Figura 10.3. Habitantes de la comunidad participando a los cursos de formación coordinados por África 70.

cursos de especialización de cada uno de los equipos que conforman dicha comisiones, tales como manejo de albergues temporales en caso de emergencia, evacuación, monitoreo y alarma, seguridad y primero auxilio. Además las comisiones han participado a talleres sobre el fortalecimiento de la organización comunitaria y una serie de talleres que pretenden concientizar para el cuidado del medioambiente en el cual las comunidades viven, como por ejemplo manejo de microcuenca hidrográfica, agua y saneamiento y manejo de desechos sólidos.

Día con día, los funcionarios de los gobiernos locales enfrentan la amenaza de los desastres y requieren de nuevas políticas y herramientas, o un mayor acceso a éstas, para poderlos abordar de forma eficaz. El Municipio de Sonsonate cuenta hoy con una herramienta para fortalecer la capacidad de respuesta a nivel municipal: un Plan Municipal de Gestión de Riesgos de Desastres 2013-2017, un esfuerzo coordenado entre los técnicos de la alcaldía de Sonsonate, técnicos del equipo de Africa70 y del PFGL/ISDEM (Programa de fortalecimiento de los gobiernos locales y del instituto salvadoreño de desarrollo municipal). El documento contiene la información de los antecedentes, diagnósticos, historial de desastres, identificación de amenazas, división administrativa, listado de priorización de sitios críticos, análisis de actores, líneas estratégicas, programas, fichas de proyectos, propuesta de seguimiento y evaluación, cartografía de amenazas, plan operativo por el año 2013.

Africa 70 cree en la sinergia de la unión del mundo de la cooperación y de la universidad, positivo ejemplo de cómo la búsqueda científico-académica se pueda conciliar con las reales exigencias y necesidades de las poblaciones en un intercambio recíproco, favoreciendo iniciativas sostenibles en el tiempo. De aquí la colaboración con el proyecto "Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centroamérica", financiado por la Cooperación Italiana. En colaboración se llevó a cabo en el mes de Febrero 2013 en Sonsonate un conversatorio sobre peligrosidades naturales, al cual participaron Giuseppe Giunta, coordinador del proyecto y investigador de la Universidad de Palermo, Edoardo Rotigliano, experto en amenazas naturales e investigador de la Universidad de Palermo, Miguel Hernandez, coordinador de proyecto por la Universidad de El Salvador (UES), Giovanna Maselli, coordinadora de proyecto por la Universidad San Carlos de Guatemala, Carlos Salinas, encargado del Área de Gestión de Riesgo de la Alcaldía de Sonsonate. Asistieron coordinadores/as de las Comisiones Comunales de Protección Civil conformadas en el marco del proyecto de Africa '70, representantes de la Alcaldía Municipal de Sonsonate, representantes

in temi come gestione di alberghi temporanei in caso di emergenza, evacuazione, monitoraggio e allarme, sicurezza e primo soccorso. In più, i membri delle Commissioni hanno partecipato a corsi sul rafforzamento della organizzazione comunitaria, sulla protezione dell'ambiente, gestione integrale dei bacini idrografici, acqua, risanamento e gestione integrale dei rifiuti.

Giorno dopo giorno, i funzionari dei governi locali si confrontano con la minaccia di catastrofi e si trovano di fronte alla necessitá di nuove politiche e strumenti per poter agire efficaciemente. Oggi il municipio di Sonsonate conta con un "Piano Municipale di Gestione del Rischio Disastri 2013-2017", elaborato in coordinazione fra i tecnici di Africa '70, del municipio di Sonsonate e del PFGL/ISDEM (Programma di rafforzamento dei governi locali e Istituto Salvadoregno di sviluppo municipale). Il piano presenta antecedenti storici, diagnostici, identificazione di minacce, valutazione dei luoghi a elevata criticità, analisi degli attori nel territorio, linee strategiche di azione, progetti e programmi in corso, piano di valutazione e sviluppo, cartografie e piano operativo annuale.

Africa '70 crede nella sinergia che si instaura fra il mondo della cooperazione e l'Università, positivo esempio di come la ricerca scientifico-accademica si concilia con le reali esigenze e necessità delle comunità più vulnerabili in un intercambio reciproco, impulsando iniziative sostenibili nel tempo. Così nasce la collaborazione con il progetto "Rete interuniversitaria regionale italo-centroamericana per l'analisi dei fenomeni naturali ai fini della valutazione della pericolosità in Centro America", finanziato dalla Cooperazione Italiana. In febbraio del 2013 si organizzò una tavola rotonda sul tema della gestione del rischio e minacce ambientali, alla quale parteciparono Giuseppe Giunta, coordinatore del progetto e ricercatore dell'Università di Palermo, Edoardo Rotigliano, esperto in pericolosità geologiche e ricercatore dell'Università di Palermo, Miguel Hernández, coordinatore del progetto della Universidad de El Salvador (UES), Giovanna Maselli, coordinatrice del progetto della Universidad San Carlos de Guatemala, Carlos Salinas, responsabile dell'area di Gestione del Rischio del Municipio di Sonsonate. All'attività assistettero coordinatori delle Commissioni Comunali di Protezione Civile conformate durante il processo di Africa '70, rappresentanti del Municipio di Sonsonate, della Direzione Generale di Protezione Civile, tecnici della ONG Africa '70 e altre istituzioni locali. Edoardo Rotigliano presentò la sua ricerca riguardante smottamenti di terra e frane nel Dipartimento di Sonsonate. In seguito

de la Dirección General de Protección Civil, el equipo técnico de la ONG Africa ’70 y otras ong locales. En la ocasión Edoardo Rotigliano presentó su estudio acerca del tema movimiento de laderas y deslizamientos en el Departamento de Sonsonate. Con el equipo de expertos se visitaron dos comunidades beneficiadas por el proyecto, la comunidad Bendición de Dios y Vega del Rio, individuando con los mismos habitantes vulnerabilidad, amenazas y posibles mesuras de prevención y mitigación. Se prevén futuros intercambios de buenas prácticas entre instituciones, comunidades y expertos, workshop prácticos y la involucración de estudiantes que desarrollarán proyectos de investigaciones en el marco de las dos intervenciones.

gli esperti visitarono due comunità beneficiate dal progetto, la comunità Bendición de Dios e Vega del Rio, valutando con gli abitanti stessi vulnerabilità, minacce e future azioni di prevenzione e mitigazione. Si prevedono scambi di buone prassi fra istituzioni, comunità e esperti, simulacri e la partecipazione di studenti della Facoltà di Scienze agronomiche della UES, i quali svolgeranno studi e ricerche in tematiche comuni ai due interventi.

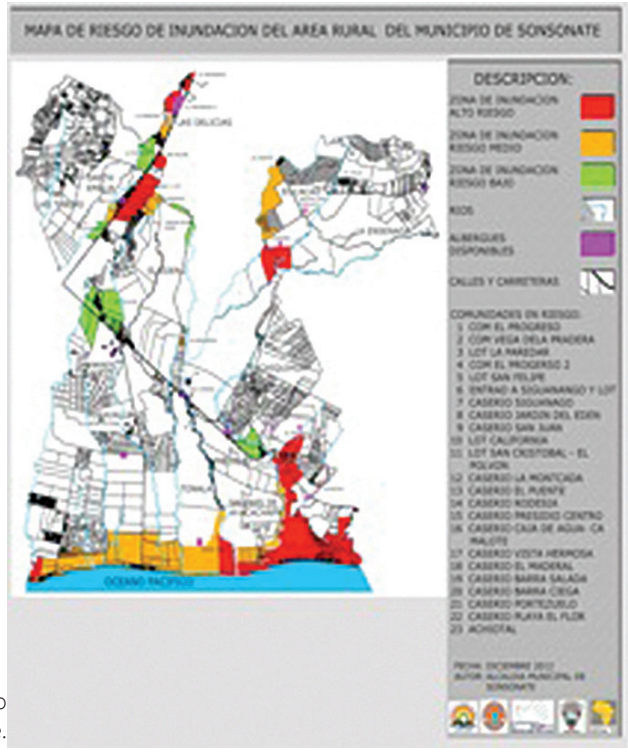


Figura 10.4. Mapa de Riesgo de Inundación en Sonsonate.





Figura 10.5. A la izquierda, participantes al debate sobre vulnerabilidad. A la derecha, profesores de la “Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centroamérica” y la coordinadora del proyecto África 70 en Sonsonate, recibidos por el Alcalde municial.

10.9

La sinergia entre la Red Interuniversitaria y la Secretaría Ejecutiva de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres

La Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, CONRED, es la entidad en Guatemala encargada de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados de la presencia de los fenómenos que podrían traducirse en desastres. Fue creada en 1996, mediante el Decreto 109-96 del Congreso de la República de Guatemala. Como su nombre lo indica, es una Coordinadora. Esto significa que su trabajo consiste en reunir, a través de la Secretaría Ejecutiva (SE-CONRED) y las delegaciones departamentales, a todos los participantes, y brindarles información confiable, exacta y oportuna para establecer mecanismos de comunicación eficiente y proporcionar una metodología adecuada para la reducción de desastres. Por su naturaleza, la CONRED se encarga de coordinar acciones en el marco de la Gestión para la Reducción de Riesgos a Desastres –GRRD-, lo cual realiza apoyándose con socios tanto nacionales como internacionales.

Uno de los ejemplos exitosos de este tipo de colaboración, es el apoyo encontrado con los esfuerzos de la Red Interuniversitaria en Análisis y Evaluación de la Peligrosidad Natural en Centroamérica, liderada a nivel internacional por la Universidad de Palermo –UNIPA-, de Italia, y a nivel nacional por la Universidad de San Carlos de Guatemala –USAC-. Mediante acuerdos de colaboración entre las mencionadas universidades y la SE-CONRED, se permitió el apoyo de la SE-CONRED para el desarrollo de la maestría, mediante distintas coordinaciones a nivel nacional, así como apoyo logístico para realización de diferentes actividades de aprendizaje para el alumnado de la maestría, como lo son visitas guiadas de campo en lugares con afectaciones particulares por fenómenos naturales. Asimismo, la SE-CONRED colaboró con ceder personal de alta capacitación académica, familiarizado con la evolución de diferentes fenómenos naturales que han tenido efectos significativos en el país, para que actuaran como catedráticos en la mencionada maestría. Por ejemplo, el Dr. David A. Monterroso, quien impartió el curso de Sismología en la Maestría. Como resultado de estas sinergias, desde la perspectiva de la SE-CONRED, se ha logrado un beneficio de mediano a largo plazo, puesto que con la exitosa culminación de las cohortes de la Maestría en Gestión para la Reducción de Riesgos, coordinada por la Facultad de Arquitectura de la USAC, se logró la profesionalización de personal que ahora figura en las filas de los empleados de la unidad técnica de la SE-CONRED, en donde se pudo establecer como requisito del perfil de los jefes de departamento de la Dirección de Mitigación que quien ocupe dicha plaza posea el nivel de maestría, especialmente si lo es dentro del marco de la GRRD. Actualmente, tres de los departamentos de la Dirección de Mitigación, el brazo técnico de la SE-CONRED, son conducidos por personas que egresaron de la Maestría en Gestión para la Reducción de Riesgos de la Facultad de arquitectura de la USAC, a saber: Hardany Navarro, Encargado del Departamento de Obras de Infraestructura; Héctor Montalvo, encargado del departamento de Investigación; Helbert de León, encargado del departamento de Monitoreo y Análisis de Riesgo.

Al poder contar la SE-CONRED con personal con conocimientos especializados en el ámbito de la GRRD, con un nivel académico superior, se cumple con el objetivo de profesionalización del personal de la institución, que a al vez significa una contribución de largo plazo para una atención profesional efectiva a la población, así como para una mejor compresión de la evolución de los fenómenos naturales que pudieran tener efectos adversos en el territorio nacional. Contribuyéndose así, de forma simbiótica, al desarrollo internacional de la UNIPA, como al desarrollo del nivel académico que la facultad de arquitectura brinda con esta maestría a la USAC, como con el cumplimiento de uno de los pilares de operación principales de la SE-CONRED al contribuir de forma significativa con su compromiso de Excelencia para la GRRD a nivel nacional. Por lo que es claro que éste se puede considerar como un ejemplo claro de lo que se puede lograr con la búsqueda de sinergias, a nivel internacional, en el campo de la GRRD.

Capítulo 11

LA COMUNICACIÓN

LA COMUNICAZIONE

Premisa

Premessa

Por: Federico Geremei

El capítulo trata el tema de la transferencia de conocimientos relativos a la gestión de los desastres naturales en tres países mesoamericanos y se funda sobre los siguientes elementos:

- El aspecto básico es que mucho de lo que no se cumple y que se cumple mal en el ámbito de la comunicación es causa, consecuencia y expresión de la ausencia de una cultura del riesgo. El aspecto relativo, de dirección, es que tal carencia está marcada en forma significativa por mecanismos perniciosos alimentados por el fatalismo.

- El destinatario final de la comunicación es la población en riesgo, los sujetos intermedios están articulados en: población local, población en su conjunto (opinión pública) e instituciones.

- La atención se dirige a la comunicación analítica preventiva.

- El ámbito de comunicación principal es el de los medios de comunicación enfocados en general.

Introducción

América Central está históricamente y crónicamente atrasada en la gestión de los riesgos directamente determinados por (e indirectamente conectados con) los desastres naturales en comparación con muchas áreas del mundo en las cuales tales factores son de alcance igual o incluso menor. No solo, el proceso de monitoreo, preparación y respuesta ha crecido y se desenvuelve a ritmos más lentos en comparación con las prácticas y las directrices de acción que en otras latitudes poseen desarrollos significativos.

El presente capítulo parte de la consideración de que tal condición está determinada en gran parte por la carencia de una cultura del riesgo sólida, integrada y eficaz y se fija el objetivo de proveer elementos de mejoramiento – conceptuales y directivos – a través de instrumentos de comunicación.

Il capitolo tratta il tema del trasferimento di conoscenze relative alla gestione dei disastri naturali nei tre paesi mesoamericani e si fonda sui seguenti elementi:

- *L'assunto di base è che molto di ciò che non si compie o che si compie male in ambito di comunicazione è causa, conseguenza ed espressione di una carente cultura del rischio. Il relativo assunto di indirizzo è che tale carenza è segnata in misura significativa da meccanismi perniciosi alimentati dal fatalismo.*

- *Il destinatario finale della comunicazione è la popolazione a rischio, i soggetti intermedi sono articolati in: popolazione locale, popolazione nel suo complesso (opinione pubblica) e istituzioni.*

- *L'attenzione è rivolta alla comunicazione analitica preventiva.*

- *L'ambito di comunicazione principale è quello dei media generalisti.*

Introduzione

L'America Centrale è storicamente e cronicamente indietro nella gestione integrale dei rischi direttamente determinati dai (e indirettamente collegati ai) disastri naturali rispetto a molte aree del mondo in cui tali fattori sono di portata pari e persino minore. Non solo, il processo di monitoraggio, preparazione e risposta è cresciuto e si evolve a ritmi più lenti rispetto a quelli delle pratiche e degli orientamenti di ientervento che altrove conoscono sviluppi significativi.

Il presente capitolo prende le mosse dalla considerazione che tale condizione è determinata in larga parte dalla carenza di una cultura del rischio solida, integrata ed efficiente e si pone l'obiettivo di fornire elementi di miglioramento – concettuali e di indirizzo – attraverso strumenti di comunicazione.

La disertación que sigue elige la población como destinatario principal y como ámbito de comunicación el de los medios de comunicación. Los principios y los instrumentos son realmente coherentes con una visión que tiene en cuenta, integrándolos, otros actores (sobre todo institucionales) y mecanismos muy complejos de transferencia de conocimientos. Los sujetos de referencia son la población local, la población en su conjunto (opinión pública) y las instituciones (locales y centrales). A estos se añade un cuarto actor que por su naturaleza se encuentra en el doble rol, entre los tantos que reviste, de proveedor y destinatario de conocimientos (científicos y operativos): el sistema articulado de la protección civil.

11.1 Formar, informar, informarse

Información y comunicación

Información y comunicación constituyen dimensiones distintas que se mueven en ámbitos contiguos y que a menudo se yuxtaponen. No coinciden, sin embargo. ayuda de todos modos a poner en claro la difusión, la comunicación y el periodismo con referencia a los medios de comunicación de temas generales en el panorama mesoamericano.

La información es un derecho reconocido por principios explícitos (constitucionales y deontológicos), materias implícitas, buen sentido común y válidas prácticas profesionales. Además, es un derecho que, en Centroamérica en particular, puede salvar vidas y mejorar sus condiciones. Los medios de comunicación, no obstante, se ocupan sobe todo de noticias, historias y profundizaciones caracterizadas por relevancia, pertinencia y cuidado pero que no deben responder necesariamente, ni únicamente, a la lógica del periodismo como misión estratégica de comunicación. Es igualmente verdad que el periodismo es un servicio público con responsabilidad social y que, en línea con la posición de la Federación Latinoamericana de Prensa, "debe ser un servicio de intereses colectivos, con servicios eminentemente sociales dirigidos al desarrollo integral del individuo y de la sociedad".

Por tanto, ¿cómo orientarse? La primera cosa por hacer es considerar la difusión como un conjunto de elementos instrumentales para un objetivo de comunicación estratégica y, por otro lado, de apoyo a una actividad periodística. En el primer caso, la institución que la promueve es a la vez su autora y su responsable directa;

La trattazione che segue elegge la popolazione come destinatario principale e come ambito di comunicazione quello dei media. I princìpi e gli strumenti sono tuttavia coerenti con una visione che tiene conto, integrandoli, di altri attori (soprattutto istituzionali) e di più complessi meccanismi di trasferimento di conoscenza. I soggetti di riferimento sono la popolazione locale, la popolazione nel suo complesso (opinione pubblica) e le istituzioni (locali e centrali). A questi va aggiunto un quarto attore che per sua natura si trova nel doppio ruolo, tra i tanti che riveste, di fornitore e destinatario di conoscenze (scientifiche, operative): il sistema articolato della protezione civile.

11.1 Formare, informare, informarsi

Informazione e comunicazione

Informazione e comunicazione costituiscono dimensioni distinte che si muovono in ambiti contigui e che spesso si sovrappongono. Non coincidono, però. Giova dunque fare chiarezza su diffusione, comunicazione e giornalismo con riferimento ai media generalisti nel panorama mesoamericano.

L'informazione è un diritto sancito da princìpi espliciti (fondativi e deontologici), assunti impliciti, buon senso comune e valide pratiche professionali. Di più: è un diritto che, in Centroamerica in particolare, può salvare vite e migliorarne le condizioni. I media tuttavia si occupano soprattutto di notizie, storie e approfondimenti caratterizzati da rilevanza, pertinenza e accuratezza ma che non debbono rispondere necessariamente, né unicamente, alla logica del giornalismo come missione strategica di comunicazione. È altresì vero che il giornalismo è un servizio pubblico con responsabilità sociali e che, stando alla posizione della Federazione Latino-americana della stampa, "deve essere un servizio di interesse collettivo con servizi eminentemente sociali rivolti allo sviluppo integrale dell'individuo e della società".

Come orientarsi dunque? La prima cosa da fare è considerare la diffusione come un insieme di elementi strumentali ad un obiettivo di comunicazione strategica e, distintamente, di supporto ad un'attività giornalistica. Nel primo caso l'istituzione che la promuove ne è l'autore e la responsabile diretta; nel secondo il soggetto giornalistico ne è l'utilizzatore intermedio e il

en el segundo, el sujeto periodístico es su usuario intermedio y su responsable final (Fig.11.1).

El "Programa de comunicación para la construcción de una cultura de la reducción de desastres en Guatemala", elaborado por la CONRED de Guatemala, subraya además que ninguna comunicación es eficaz si no se supera "la concepción equivocada según la cual la comunicación es solamente un conjunto de instrumentos de difusión". La comunicación estratégica orientada y la mediática "neutral" (aunque de servicio) van ambas mucho más allá de la difusión y se mueven a lo largo de líneas distintas.

Comunicar el riesgo

La medida del riesgo – como es evidente para quien lee y en general es compartido por quien por muchas razones se ocupa de ello – está dada por la combinación de la evaluación de la vulnerabilidad de un área con la de la amenaza (peligrosidad) que sobre ella persiste. Esta "fórmula escrita en palabras" implica mucho pero, para nuestros fines, sobre entiende mucho más. Se apoya, de hecho, sobre la implícita asunción de conceptos-base comunes a cada paradigma científico: la existencia de factores, la formalización de un factor en una variable (y la consiguiente capacidad de ser medible), la existencia de una relación explícita que los ponga en relación. No se trata de sofismas epistemológicos sino de distinciones útiles para plantear una eficaz estrategia de transferencia de conocimientos en la gestión de riesgos de desastres naturales en un contexto en el cual los grados de responsabilidad y los márgenes de intervención son complejos y articulados.

El objetivo principal, recordemos, es el de una mejor incidencia de las actividades comunicativas sobre la

responsabile finale (Fig. 11.1)

Il "Programma di comunicazione per la costruzione di una cultura della riduzione dei disastri in Guatemala" elaborato dalla Conred del Guatemala sottolinea inoltre che nessuna comunicazione è efficace se non si supera "la concezione errata secondo la quale la comunicazione è soltanto un insieme di strumenti di diffusione". La comunicazione strategica orientata e quella mediatica "neutrale" (ancorché di servizio) vanno dunque entrambe ben al di là della diffusione e si muovono lungo linee distinte.

Comunicare il rischio

La misura del rischio – com'è noto a chi legge e in generale condiviso da chi a vario titolo se ne occupa – è data dalla combinazione della valutazione della vulnerabilità di un'area con quella della minaccia (pericolosità) che su essa insiste. Questa "formula scritta a parole" implica molto ma, ai nostri fini, sottintende ancora di più. Poggia infatti sull'implicita assunzione di concetti-base comuni ad ogni paradigma scientifico: l'esistenza di fattori, la formalizzazione di un fattore in una variabile (e la conseguente misurabilità), l'esistenza di una relazione esplicita che li metta in relazione. Non si tratta di sofismi epistemologici ma di distinzioni utili a impostare una efficace strategia di trasferimento di conoscenze nella gestione dei rischi dei disastri naturali in un contesto in cui i gradi di responsabilità ed i margini di intervento sono complessi ed articolati.

L'obiettivo principale, si ricorda, è quello della migliore incisione delle attività di comunicazione sulla carente cultura del rischio attraverso linee di intervento rivolte a tre (tipi di) destinatari diversi: la popolazione locale, l'opinione pubblica, le istituzioni. Qui di seguito si

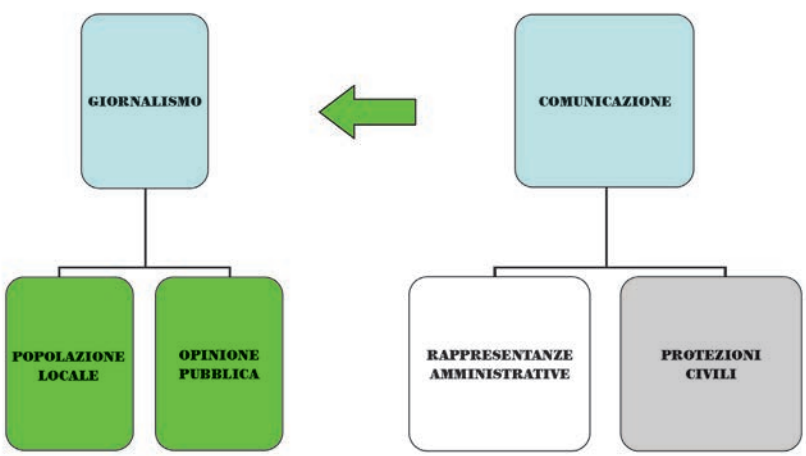


Fig. 11.1 – De la comunicación al periodismo, una mirada de conjunto para la gestión del riesgo en Centroamérica

ausente cultura del riesgo a través de líneas de acción dirigidas a tres (tipos de) destinatarios diferentes: la población local, la opinión pública, las instituciones. A continuación se proponen enfoques distintos para cada una de ellas – con particular atención a los efectos negativos (inhibitorios y desviadores) de las dimensiones del fatalismo – articulándolos a lo largo de las dimensiones de la evaluación del riesgo: la existencia de los factores vulnerabilidad y peligrosidad (y las traducciones relativas en variables medibles), y la de una relación entre los factores y su utilidad en términos de comprensión y acción.

Dos observaciones preliminares

- La esfera institucional comprende las otras dos: todo lo que vale para la población local y para la opinión pública vale, de hecho, en lo que sigue, también para las instituciones porque están al mismo tiempo radicadas en el territorio (y por tanto, en contacto con la población local) e inspiradas en principios y prácticas no solamente locales. Tienen, luego, responsabilidad de acción y de dirección y deben, por tanto, asumir las distintas sub-dimensiones para comprenderlas e integrarlas.

- La población en su complejo, en muchas áreas coincide con la población local afectada. No obstante ello, la comunicación al mismo sujeto en la doble posición local y no local permanece distinta ya que en el primer caso este último representa un interlocutor al cual se suministran instrumentos directos de acción, en el segundo es destinatario de un proceso de comunicación que apunta sobre todo a la comprensión de los fenómenos con particular referencia a los aspectos dinámicos de evolución en el tiempo y de combinación de los riesgos.

Es, más bien, la correcta individualización de cuál población local se caracteriza como elemento no descontado al cual hacer explícita referencia.

11.2 Vulnerabilidad

Población local

Puede parecer una paradoja: para la población directamente involucrada la percepción (parcial) de la existencia misma de una cuestión, vulnerabilidad, es a menudo aún más importante (y en todo caso, la precede) que la evaluación adecuada de su valor. Es este el nivel base del fatalismo y la acción de comunicación debe tender a comprender su naturaleza antes de tomar forma.

propongono approcci distinti per ognuna di esse – con particolare attenzione agli effetti negativi (inibenti e devianti) delle dimensioni del fatalismo – articolandoli lungo le dimensioni della valutazione del rischio: l'esistenza dei fattori vulnerabilità e pericolosità (e le relative traduzioni in variabili misurabili), e quella di una relazione tra i fattori e la sua utilità in termini di comprensione ed intervento.

Due osservazioni preliminari

- *La sfera istituzionale comprende le altre due: tutto ciò che vale per la popolazione locale e per l'opinione pubblica vale infatti, in ciò che segue, anche per le istituzioni poiché sono allo stesso tempo radicate sul territorio (e quindi a contatto con la popolazione locale) e ispirate da princìpi e pratiche non soltanto locali. Hanno quindi responsabilità di intervento e di indirizzo e debbono dunque assumere le distinte sottodimensioni per comprenderle e integrarle.*

- *La popolazione nel suo complesso in molte aree coincide con la popolazione locale interessata. Ciononostante, la comunicazione al medesimo soggetto nella doppia posizione locale e non locale resta distinta chè nel primo caso quest'ultimo rappresenta un interlocutore a cui si forniscono strumenti diretti di azione, nel secondo è destinatario di un processo di comunicazione che punta soprattutto alla comprensione dei fenomeni con particolare riferimento agli aspetti dinamici di evoluzione temporale e di combinazione dei rischi.*

È piuttosto la corretta individuazione di quale popolazione locale a caratterizzarsi come elemento non scontato cui fare esplicito riferimento.

11.2 Vulnerabilità

Popolazione locale

Può sembrare un paradosso: per la popolazione direttamente coinvolta la percezione (parziale) dell'esistenza stessa di una questione vulnerabilità è spesso ancora più importante (e in ogni caso la precede) della adeguata valutazione della sua entità. È questo il livello base del fatalismo e l'azione di comunicazione deve tendere a comprenderne la natura prima di prendere forma.

Un rasgo que parece ser común a muchas realidades diferentes sugiere que el factor clave no reside en una suerte de resignación autodestructiva a priori e irracional, sino en una más profunda combinación entre el apego a la propia porción de territorio (terreno, habitación) y la falta de alternativas consideradas o percibidas como racionalmente preferibles (Fig.11.2).

Es necesario partir de esto e integrar el aspecto humano al analítico sobre dos planos: el demográfico (macro) y el social-informal (macro y micro).

La comunicación debe proceder, en primer lugar, a través de la identificación de sub-comunidades geográficamente "compactas" y formadas por unidades lo más posible socialmente homogéneas (en relación con el riesgo que pesa sobre el área en la cual residen).

Un tratto che pare comune a molte realtà differenti suggerisce che il fattore chiave non risiede in una sorta di rassegnazione autolesionistica a priori e irrazionale ma in una più profonda combinazione tra l'attaccamento alla propria porzione di territorio (terreno, abitazione) e la mancanza di alternative considerate o percepite come ragionevolmente preferibili (Fig.11.2)

Bisogna partire da questo e integrare l'aspetto umano in quello analitico su due piani: quello demografico (macro) e quello sociale-informale (macro e micro).

La comunicazione deve procedere in primo luogo attraverso l'individuazione di sottocomunità geograficamente "compatte" e formate da unità il più possibile socialmente omogenee (rispetto al rischio che grava sull'area in cui

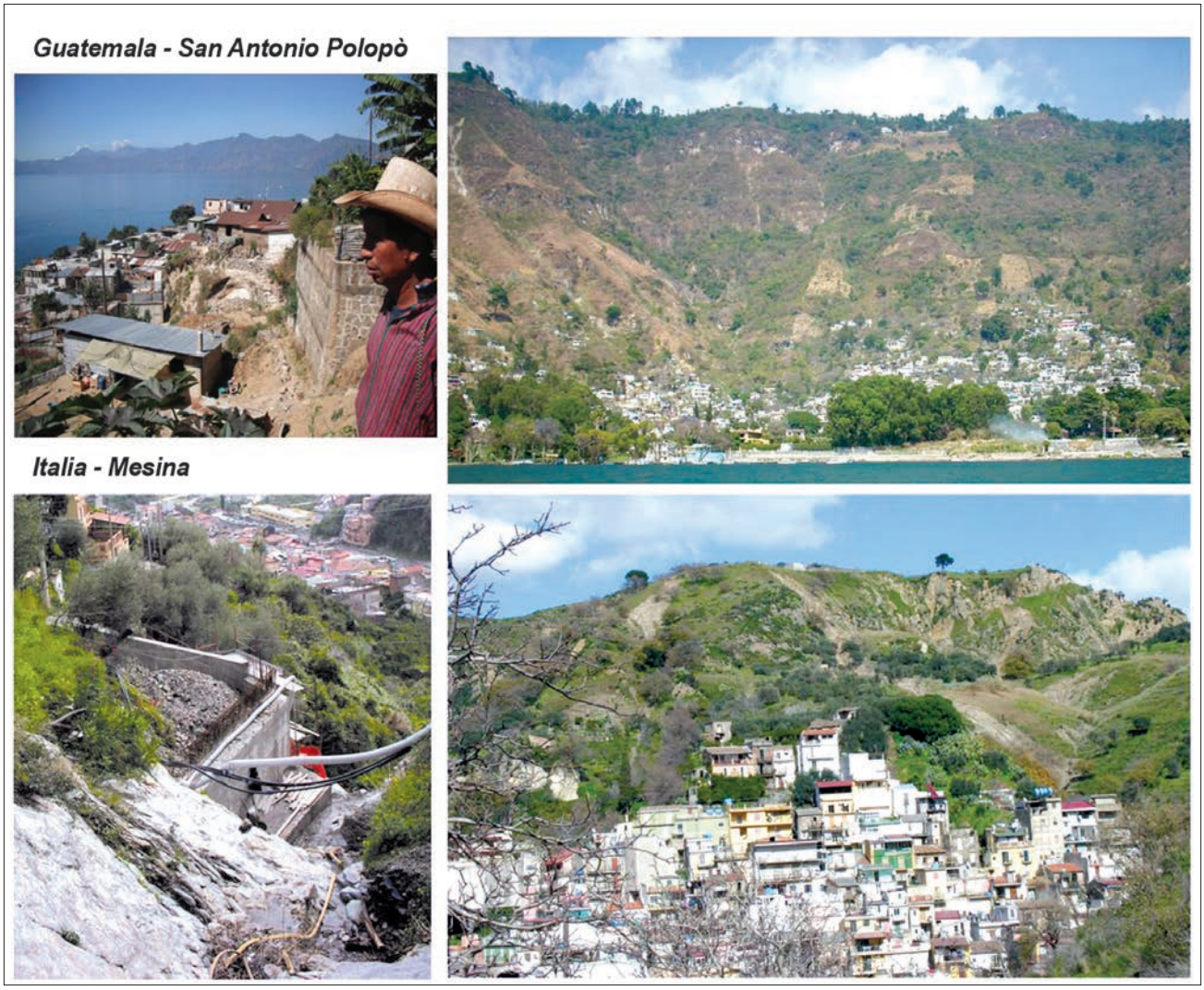


Fig. 11.2 – Guatemala e Italia meridional: áreas morfológicamente similares, manifiestamente inestables y, aun así, urbanizada

Muchos de los estudios permiten hacerlo y – aun cuando no tienen el elemento humano expresamente en cuenta – pueden prever su inclusión con un detalle suficiente a los intentos de comunicación, incluso a posteriori. Si no se puede razonar a este nivel en términos de escala de vulnerabilidad con los interlocutores directos, la prioridad de comunicación debe apuntar a otro: proveer a las instituciones locales porciones de territorio poco a poco más extensas que sean al mismo tiempo coherentes con los modelos de evaluación y medida de la vulnerabilidad y fácilmente traducibles en iniciativas de sensibilización informal.

El esfuerzo debe proceder tendiendo a la ideación de tales iniciativas lo más "verticales" posible (Fig. 11.3): específicas vulnerabilidades circunscritas y definidas, incluso a nivel de un barrio específico o de una reducida porción de una comunidad, y la planificación de un calendario denso, caracterizado por recurrencia de los temas y por periodicidad de las citas. Ello se vuelve necesario por diferentes motivos: primero, una jornada aislada produce más clamor por el evento en sí que la incisividad por los temas individuales que afronta cuando – como a menudo ha ocurrido – corre el riesgo de ser percibida como una vitrina extemporánea y un enlace flojo entre las instituciones y la población local. Segundo, muchas citas no aisladas enfatizan la actualidad del tema y la cronicidad de la urgencia. Tercero, un calendario de jornadas permite la comparación entre los resultados de ellas y favorece campañas de información proyectada. Cuarto, cada jornada individual, "no aislada", puede contribuir a hacer actuales y relevantes los aspectos científicos (analíticos, metodológicos, etc.) de los estudios individuales sobre los que se funda y sobre el riesgo del cual se ocupa.

risiedono). Molti degli studi consentono di farlo e – pure quando non tengono l'elemento antropico espressamente in conto – possono prevederne l'inclusione con un dettaglio sufficiente agli intenti di comunicazione, anche a posteriori. Se non si può ragionare a questo livello in termini di scale di vulnerabilità con gli interlocutori diretti la priorità di comunicazione deve puntare ad altro: fornire alle istituzioni locali porzioni di territorio via via più estese che siano allo stesso tempo coerenti con i modelli di valutazione e misura della vulnerabilità e facilmente traducibili in iniziative di sensibilizzazione informale.

Lo sforzo deve procedere puntando alla ideazione di tali iniziative il più "verticali" possibile (Fig. 11.3): specifiche vulnerabilità circoscritte e definite, anche a livello di un singolo rione (barrio) o di una ridotta porzione di una comunità e pianificazione di un calendario fitto, caratterizzato da ricorsività dei temi e da periodicità degli appuntamenti. Ciò si rende necessario per diversi motivi: primo, una giornata isolata produce più clamore per l'evento in sé che incisività per i singoli temi che affronta quando – come sovente è accaduto – rischia di essere percepita come una vetrina estemporanea e un raccordo lasso tra le istituzioni e la popolazione locale. Secondo, molti appuntamenti non isolati ribadiscono l'attualità del tema e la cronicità dell'urgenza. Terzo, un calendario di giornate consente confronti tra gli esiti di ciascuna di esse e favorisce campagne di informazione mirata. Quarto, ogni singola giornata "non isolata" può contribuire a rendere attuali e rilevanti gli aspetti scientifici (analitici, metodologici, etc) dei singoli studi su cui si fonda e sul rischio di cui si occupa.

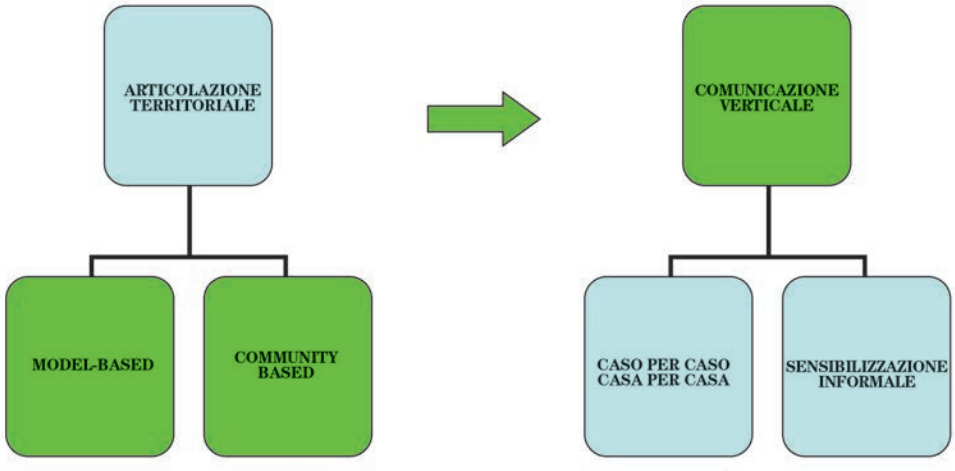


Fig. 11.3 – Orientar los análisis, verticalizar la comunicación. Invertir los círculos viciosos para una cultura del riesgo eficiente y armonizar el diálogo entre las instituciones académicas y la sociedad civil

Opinión pública

Para la población en su conjunto vale gran parte de las consideraciones relativas a las dichas para la población local. El factor discriminante agregado es la comprensión profunda del concepto de cronicidad de la condición de vulnerabilidad y, sobre todo, de su comunicación en términos eficaces e inéditos. De nuevo, si el principio guía en la formación de una cultura del riesgo aspira, en primer lugar, a desactivar los mecanismos fatalísticos, la dimensión tiempo de la vulnerabilidad es un factor central. ¿Cómo? Eligiendo en primer lugar a cuáles sujetos vulnerables dar mayor relevancia. Se sugiere para tal fin identificar, en la medida de lo posible, los que han despertado mayor interés de los medios (prescindiendo de la efectiva significación y excepcionalidad de la amenaza sobre los mismos) y los que sean emblemáticos de procesos recurrentes. Ello, obviamente, tiene sentido solo para ciertos riesgos y en particulares tipos de áreas y en ciertas zonas. La idea de base permanece de todos modos válida: el factor tiempo para la opinión pública (que tiene memoria no lineal y es generalmente sensible a las distorsiones) es diferente del de los medios (que privilegian la crónica de sucesos de intuición preventiva) y es diferente, naturalmente, de los estudios (para los cuales representa ante todo un parámetro de modelización).

El paso por la relevancia interna de los sujetos y de los mecanismos de vulnerabilidad – exclusivamente ligada al riesgo mismo que el modelo describe – a la externa, que combina interés mediático y representatividad para la opinión pública, no es cómodo pero sí posible y necesario.

Instituciones

El enfoque que se promueve –que no es el único ni es autosuficiente- se orienta, por tanto, con decisión a la comunicación vertical. Las instituciones deben ser guiadas no sólo en la evaluación de los varios tipos de vulnerabilidad *risk-specific*, sino que también en la definición de criterios para confrontar jerárquicamente sus medidas y moverse "caso por caso" en la comunicación "casa por casa". La autoridad de las instituciones garantiza tal poder y la lógica jerárquica – coherente y constante – refuerza su incisividad y eficacia.

11.3 Amenazas

Cuando el post-emergencia es pre-emergencia

Para particulares (y no pocos) fenómenos y en específicas áreas presentes en muchas regiones del área meso-

Opinione pubblica

Per la popolazione nel suo complesso vale gran parte delle considerazioni relative a quelle per la popolazione locale. Il fattore discriminante aggiuntivo è la comprensione profonda del concetto di cronicità della condizione di vulnerabilità e, soprattutto, della sua comunicazione in termini efficaci e inediti. Di nuovo, se il principio guida nella formazione di una cultura del rischio ambisce in primo luogo a disinnescare i meccanismi fatalistici, la dimensione temporale della vulnerabilità è un fattore centrale. Come? Scegliendo in primo a luogo a quali soggetti vulnerabili dare maggiore rilevanza. Si suggerisce a tale scopo di individuare, quando possibile, quelli che hanno destato maggiore interesse dei media (a prescindere dall'effettiva significatività ed eccezionalità della minaccia su di essi) e quelli che siano emblematici di processi ricorsivi. Ciò ovviamente ha senso soltanto per certi rischi e in particolari tipi di aree e in particolari zone. L'idea di base rimane comunque valida: il fattore tempo per l'opinione pubblica (che ha memoria non lineare ed è generalmente sensibile alle distorsioni) è diverso da quello dei media (che privilegiano la cronaca d'emergenza all'insight preventivo) ed è diverso, naturalmente, da quello degli studi (per i quali rappresenta in primo luogo un parametro di modellizzazione)

Il passaggio dalla rilevanza interna dei soggetti e dei meccanismi di vulnerabilità – esclusivamente legata al rischio stesso che il modello descrive – a quella esterna – che combina interesse mediatico ed emblematicità per l'opinione pubblica – non è agevole ma possibile e necessario.

Istituzioni

L'approccio che qui si privilegia – non l'unico, né da solo sufficiente – punta dunque con decisione alla comunicazione verticale. Le istituzioni vanno guidate non solo nella valutazione dei diversi tipi di vulnerabilità risk-specific ma anche nella definizione di criteri per confrontarne gerarchicamente le misure e muoversi "caso per caso" nella comunicazione "casa per casa". L'autorità delle istituzioni garantisce tale potere e la logica gerarchica – coerente e costante – ne rafforza l'incisività e l'efficacia.

11.3 Minacce

Quando il post-emergenza è pre-emergenza

Per particolari (e non pochi) fenomeni e in specifiche aree presenti in molte regioni dell'area mesoamericana nel suo

americana en su conjunto, el post-emergencia coincide a menudo con el pre-emergencia del desastre sucesivo.

Esto es verdad, en primer lugar, por los fenómenos naturales que han mostrado una recurrencia acentuada en el tiempo y por aquellos para los cuales se hipotiza una frecuencia futura no esporádica. En términos más generales, ello es menos verdadero pero igualmente – si no más – relevante a nuestros fines para todos los desastres cuya manifestación alimenta la posición fatalística "emergencia continua = cero emergencia". Culposa, o "solamente" dolosa, esta visión cava un surco profundo entre la comunidad científica y el resto de la sociedad centroamericana. Ofrece, sin embargo, al mismo tiempo una oportunidad precisa de intervención, sobre todo en ámbito comunicativo. ¿De dónde partir? De aquello que al mismo tiempo une (en los conceptos) y divide (en la práctica) al análisis científico y a la profundización mediática: la correcta distinción ente lo que es sistemático y lo que es ocasional y la subsiguiente graduación de lo que se coloca a mitad entre lo ordinario y lo excepcional.

¿Cómo moverse? Enfocándose en forma objetiva y directa en la comunicación de la complejidad de los procesos que producen los desastres naturales, poniendo al centro de la transferencia de conocimientos a la dimensión tiempo. A los operadores de comunicación no les son siempre claras, por ejemplo, las diferencias entre previsión, proyección y simulación. El concepto de escenario y de hipótesis alternativa es a menudo dado por adquirido pero raramente se capta su pertinencia cognoscitiva y comunicativa en las redacciones. Son, sin embargo, justo estos elementos, a veces presentes en los análisis y en los estudios, los primeros de los cuales partir para intervenir sobre la cultura del riesgo a través de la comprensión de la dimensión tiempo.

De los datos históricos para el análisis a un calendario de los eventos anuales para la prensa

La literatura lo confirma y la experiencia lo sostiene: la memoria de los desastres naturales es muy a menudo y para muchos sujetos falaz y distorsionada. La recurrencia de los sucesos anuales son ganchos-base, pretextos periodísticos a los cuales los medios recurren para "hacer noticia" cuando la noticia no existe. Una buena relación entre la academia y la prensa debería producir un calendario hacia atrás compartido, completo y articulado de estos sucesos recurrentes para ofrecer a los operadores de los medios más ocasiones de relato y al mismo tiempo ideas de profundización que, partiendo de la recordación del evento, expliquen algunas de

complesso il post-emergenza coincide spesso con il pre-emergenza del disastro successivo.

Ciò è vero, in primo luogo, per i fenomeni naturali che hanno esibito una ricorsività accentuata nel tempo e per quelli per i quali si ipotizza una frequenza futura non sporadica. Più in generale, ciò è meno vero ma altrettanto – se non più – rilevante ai nostri fini per tutti quei disastri il cui manifestarsi alimenta la posizione fatalistica "emergenza continua = zero emergenza". Colposa o "soltanto" dolosa, questa visione segna un profondo solco tra la comunità scientifica ed il resto della società centroamericana. Offre però allo stesso tempo una precisa opportunità di intervento, soprattutto in ambito comunicativo. Da dove partire? Da ciò che allo stesso tempo unisce (nei concetti) e divide (nella pratiche) l'analisi scientifica e l'approfondimento mediatico: la corretta distinzione tra ciò che è sistematico e ciò che è occasionale e la conseguente graduazione di ciò che si colloca a metà tra l'ordinario e l'eccezionale.

Come muoversi? Puntando in maniera mirata e diretta sulla comunicazione della complessità dei processi che producono i disastri naturali, ponendo al centro del trasferimento di conoscenza la dimensione temporale. Agli operatori di comunicazione non sono sempre ben chiare, per esempio, le differenze tra previsione, proiezione e simulazione; il concetto di scenario e di ipotesi alternative è spesso dato per acquisito ma raramente se ne coglie l'opportunità conoscitiva e comunicativa nelle redazioni. Sono però proprio questi elementi, qualora presenti nelle analisi e negli studi, i primi dai quali partire per intervenire sulla cultura del rischio attraverso la comprensione della dimensione temporale.

Dai dati storici per le analisi ad un calendario degli anniversari per la stampa

La memoria dei disastri naturali è – come la letteratura conferma e l'esperienza ribadisce – molto spesso e per molti soggetti fallace e distorta. Le ricorrenze degli anniversari sono grimaldelli-base, pretesti giornalistici cui i media ricorrono per "fare notizia" quando la notizia non c'è. Un buon rapporto tra l'accademia e la stampa dovrebbe produrre un calendario a ritroso condiviso, completo e articolato di queste ricorrenze per offrire agli operatori media più occasioni di racconto ed allo stesso tempo spunti di approfondimento che, partendo dalla rievocazione dell'evento, ne spieghino alcune caratteristiche emblematiche. Spetta all'operatore scientifico definire la più opportuna sintesi dei dati storici, soprattutto nell'individuazione del-

sus características emblemáticas. Le toca al operador científico definir la síntesis más oportuna de los datos históricos, sobre todo en la identificación de las fechas claves del fenómeno cuando estos han sido precedidos por horas, días o semanas de otros fenómenos menos evidentes pero sí determinantes.

El periodista debe ser acompañado en la identificación de recurrencias de desastres naturales significativos por el lector (por tanto, relevantes e interesantes) y en el correcto "relato" de cómo en tales ocasiones se llegó a aquella manifestación natural concentrando la atención en todas aquellas "señales" que – si es que las hubo – habrían podido despertar alarmas y que fueron en cambio subvaloradas o ignoradas. A los medios les interesa, de hecho, casi siempre contar algo nuevo sobre un hecho viejo.

Hecho este análisis e identificados los elementos a comunicar, ¿cómo hacerlo? De la manera más esencial posible: dejando modelos y métodos de visualización sofisticada a la comunicación de las amenazas y privilegiando por la vulnerabilidad cifras, fechas y, en general, los valores de cualquier variable cuantitativa que puedan ser provistos a un sujeto de comunicación (los medios generalistas en particular) y usados con modalidades análogas a las de la crónica. Así será más simple utilizar los mismos mecanismos de reportaje, no obstante su simplificación, con el fin de subrayar relaciones inmediatas e intuitivas entre "autor" y "víctima" de un proceso ligado a un desastre natural.

Del periodismo de emergencia al preventivo

El panorama periodístico mesoamericano, con raras y loables excepciones, alimenta y al mismo tiempo sufre el círculo vicioso fatalismo-sensacionalismo-fatalismo (Fig. 11.4).

le date chiave dei fenomeni quando questi sono stati preceduti da ore, giorni o settimane di altri fenomeni meno evidenti ma determinanti.

Il giornalista va accompagnato nell'individuazione di ricorrenze di disastri naturali significative per il lettore (dunque rilevanti e interessanti) e nel corretto "racconto" di come in tale occasione si è arrivati a quella manifestazione naturale concentrando l'attenzione su tutti quei "segnali" che – se ci sono stati – avrebbero potuto destare allarme e che sono stati invece sottovalutati o ignorati. Ai media interessa infatti quasi sempre raccontare qualcosa di nuovo su un fatto vecchio.

Fatta quest'analisi e individuati gli elementi da comunicare, come farlo? Nella maniera più essenziale possibile: lasciando modelli e metodi di visualizzazione sofisticata alla comunicazione delle minacce e privilegiando per la vulnerabilità cifre, date e, in generale, i valori di qualsiasi variabile quantitativa che possano essere forniti ad un soggetto di comunicazione (i media generalisti in particolare) e utilizzato con modalità analoghe a quelle della cronaca. Sarà così più semplice utilizzare i medesimi meccanismi di reportage, pur nella loro semplificazione, al fine di sottolineare relazioni immediate e intuitive tra "autore" e "vittima" di un processo legato ad un disastro naturale.

Dal giornalismo d'emergenza a quello preventivo

Il panorama giornalistico mesoamericano, con rare e lodevoli eccezioni, alimenta e allo stesso tempo patisce il circolo vizioso fatalismo-sensazionalismo-fatalismo (Fig. 11.4)

Ciò vale per temi radicali e radicati come quello della criminalità e vale, ancor di più, per quelli legati ai disastri

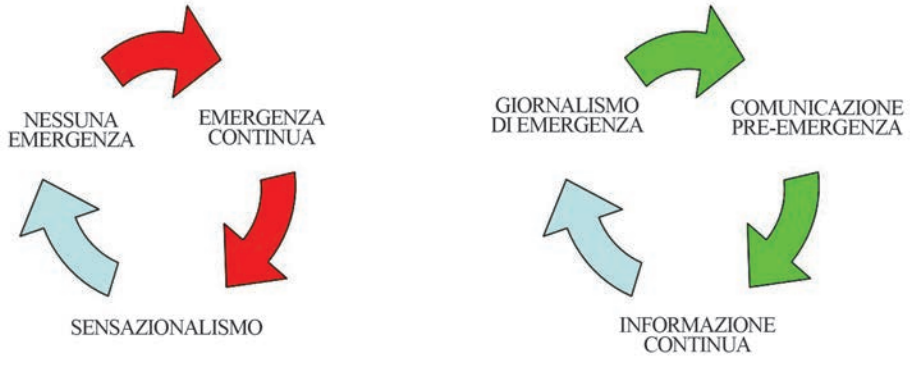


Fig. 11.4 – Sensacionalismo, fatalismo y nuevas oportunidades de comunicación, el rol clave de los medios generalistas

Ello vale para temas radicales y radicados como el de la criminalidad y vale, aún más, para los ligados a los desastres naturales. El fatalismo recibe, de hecho, una suerte de razón de ser desviada de la naturalidad misma de tales fenómenos y el sensacionalismo los amplifica pudiendo recurrir, a nivel micro, a las prácticas de reportaje de crónica negra – empleadas y afinadas con triste e inevitable esmero en las redacciones – y, a nivel macro, al valor de los fenómenos. Actuando así se arriesga a continuar inhibiendo dos de los elementos de desarrollo de la cultura del riesgo: primero, la correcta distinción entre raro, posible y probable y, segundo, el conocimiento mínimo de la jerarquía de las decisiones en presencia de fenómenos complejos y multiriesgos. Para Niceto Blazquez –autor del libro "Ética y medios de comunicación" – "el culto a la información en directo es extremadamente peligroso" porque, así lo sostiene, muchos operadores de la información olvidan que existen situaciones en las cuales no todo debe contarse sin pensar en cuándo hacerlo y que reportar las noticias sin criterios precisos puede prejuzgar el resultado de las operaciones de intervención. Es, por tanto, necesario intervenir sobre los mecanismos de tal círculo vicioso y moverse con dos objetivos: estimular el periodismo preventivo partiendo de los conocimientos científicos y requilibrar la relación entre el periodismo preventivo y el periodismo de emergencia (predominante y casi enteramente dominado por las prácticas de comunicación sensacionalistas).

Población local

La población local conoce las amenazas recurrentes previsibles y está usualmente en capacidad de intuir/anticipar su manifestación. No está, sin embargo, en capacidad – ni para estas amenazas, ni mucho menos para las menos previsibles, y fuera del propio y directo horizonte de observación – de afrontar en manera eficaz las fases de pre-alerta, que para ciertos riesgos en particular representan el paso crucial en la gestión del riesgo.

El contexto mediático está en constante evolución en todas partes – el *boom*, ya madurado, de las *social network* y de la comunicación móvil son solo dos ejemplos significativos- pero la experiencia reciente en la administración de la comunicación de los desastres naturales en América Central indica que la radio es en la actualidad el medio a elegir para la transferencia de conocimientos directos a la población local. Conviene, por tanto, tener en mente los posibles avances del mundo de la información en el futuro más próximo y concebir unas estrategias de comunicación que, sin embargo, partan hoy de las frecuencias radiofónicas.

naturali. Il fatalismo riceve infatti una sorta di deviata ragion d'essere dalla naturalità stessa di tali fenomeni ed il sensazionalismo li amplifica potendo ricorrere, a livello micro, alle pratiche di reportage di cronaca nera – impiegate e affinate con triste ed inevitabile solerzia nelle redazioni – e, a livello macro, all'entità dei fenomeni. Così facendo rischia di continuare ad inibire due degli elementi di sviluppo della cultura del rischio: primo, la corretta distinzione tra raro, possibile e probabile e, secondo, la conoscenza minima della gerarchia delle decisioni in presenza di fenomeni complessi e multirischio. Per Niceto Blazquez – autore del volume "Etica y medios de comunicaciòn" – "il culto della informazione in diretta è estremamente pericoloso" poiché, così sostiene, molti operatori dell'informazione dimenticano che esistono situazioni in cui non tutto va raccontato senza pensare a quando farlo e che riportare le notizie senza criteri precisi può pregiudicare l'esito delle operazioni di intervento. È dunque necessario intervenire sui meccanismi di tale circolo vizioso e muoversi con due obiettivi: stimolare il giornalismo preventivo partendo dalle conoscenze scientifiche e riequilibrare il rapporto tra il giornalismo preventivo ed il giornalismo di emergenza (predominante e quasi interamente dominato dalle pratiche di comunicazione sensazionalistiche).

Popolazione locale

La popolazione locale conosce le minacce ricorrenti prevedibili ed è generalmente in grado di intuirne/anticiparne il manifestarsi. Non è però sufficientemente in grado – né per queste minacce, né tantomeno per quelle meno prevedibili e fuori dal proprio orizzonte di osservazione diretto – di affrontare in maniera efficiente le fasi di pre-allerta (che per certi rischi in particolare rappresentano il passaggio cruciale nella gestione del rischio).

Il contesto mediatico è in rapida evoluzione ovunque – il boom, ormai maturo, dei social network e della comunicazione mobile sono solo due esempi significativi – ma l'esperienza recente nella gestione della comunicazione dei disastri naturali in America Centrale indica che la radio è al momento ancora il medium d'elezione per il trasferimento di conoscenze dirette alla popolazione locale. Conviene dunque tenere a mente i possibili sviluppi del mondo dell'informazione nel futuro più prossimo e concepire delle strategie di comunicazione che partano però oggi dalle frequenze radiofoniche.

Un livello di strategia di comunicazione – relativo alle minacce, orientato alla popolazione locale e veicolato

Un nivel de estrategia de comunicación –relativo a las amenazas, orientado a la población local y conducido por medio del medio radiofónico – puede ser concebido como una integración a los mecanismos de comunicación ya existentes de los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) y, más generalmente, a aquellos a más amplios espectro de información de la protección civil. El modo más eficaz para hacerlo es el de aprovechar la periodicidad de las emisiones e idear encuentros fijos para espacios de profundización:

- "palabras claras": de la terminología científica a la operativa

- "media distancia": familiarización – a través de ejemplos y "didáctica" simplificada de los procesos- sobre qué determina un estado de emergencia en una específica área pero que es determinado por lo que acontece en un área cercana mas no de observación directa, por medio de prácticas de "crónica hacia atrás" (como sucede en el recuento de una acción en una crónica deportiva).

Opinión pública

La exigencia prioritaria es la de poner las redacción de los medios (prensa escrita, *web*, tv y radio) en condiciones de disponer de suficiente material documental y competencias mínimas para poderlo no solo interpretar sino, sobre todo, traducirlo en noticias de interés. Se ha de subrayar en tal propósito que los periodistas deben sintetizar, aun cuando tal síntesis deviene en simplificación y que son "predispuestos" por sus mismas práctica profesionales a recibir fuentes externas (de cualquier naturaleza, sobre todo si son autorizadas y fundadas) y elaborarlas. Se puede, por tanto, decir, radicalizando: no siempre saben hacerlo con suficiente precisión pero deben hacerlo y están equipados para hacerlo.

La no linealidad de los fenómenos

Es fundamental familiarizar a los interlocutores mediáticos con la no linealidad de los fenómenos y con los umbrales críticos de atención para áreas y población diferentes. Ello sirve a diferentes tentativos, todos de relevancia mediática y rigor científico: el primero es la comprensión de cuál rol juegue el factor tiempo en el monitoreo y en la transición de pre-alerta a alerta. Es un elemento fundamental para un periodista que debe continuamente preguntarse no solo por qué publicar algo sino por qué publicarlo en una fecha y no en otra. Sirve también para contextualizar recíprocamente – uniéndolas, en la medida de lo posible – decisiones,

attraverso il mezzo radiofonico – può essere concepito come una integrazione ai meccanismi di comunicazione già esistenti dei Sistemas de Alerta Temprana (SAT) e, più in generale, a quelli più ad ampio spettro di informazione della protezione civile. Il modo più efficace per farlo è quello di sfruttare la periodicità delle emissioni e ideare appuntamenti fissi per spazi di approfondimento:

- *"palabras claras": dalla terminologia scientifica a quella operativa*

- *"media distancia": familiarizzazione – attraverso esempi e "didattica" semplificata dei processi – su cosa determina uno stato di emergenza in una specifica area ma che è determinato da ciò che accade in un'area vicina ma non di osservazione diretta, attraverso pratiche di "cronaca a ritroso" (come accade per la rievocazione di un'azione in una cronaca sportiva).*

Opinione pubblica

L'esigenza prioritaria è quella di porre le redazioni dei media (carta stampata, web, tv e radio) nella condizione di disporre di sufficiente materiale documentale e competenze minime per poterlo non solo interpretare ma, soprattutto, tradurlo in notizie d'interesse. Va sottolineato a tale proposito che i giornalisti devono sintetizzare anche se spesso tale sintesi devia in semplificazione e che sono "predisposti" dalle loro stesse pratiche professionali a ricevere fonti esterne (di qualsiasi natura, soprattutto se autorevoli e fondate) ed elaborarle. Si può quindi dire, radicalizzando: non sanno sempre farlo con sufficiente precisione ma devono farlo e sono attrezzati per farlo.

La non linearità dei fenomeni

È fondamentale familiarizzare gli interlocutori mediatici sulla non linearità dei fenomeni e sulle soglie critiche di attenzione per aree e popolazioni differenti. Ciò serve a diversi intenti, tutti di rilevanza mediatica e rigore scientifico: il primo è la comprensione di quale ruolo giochi il fattore temporale nel monitoraggio e nella transizione da pre-allerta ad allerta. È un elemento fondamentale per un giornalista che deve continuamente chiedersi non soltanto perché pubblicare qualcosa ma perché pubblicarla in una data e non in un'altra. Serve anche a contestualizzare vicendevolmente – collegandole, per quanto possibile – la cronologia delle decisioni, quella degli eventi e dei risultati. Anche questo costituisce un fattore fondamentale per il giornalista che si occupa a trecentosessanta gradi dei disastri naturali: avrà materiale

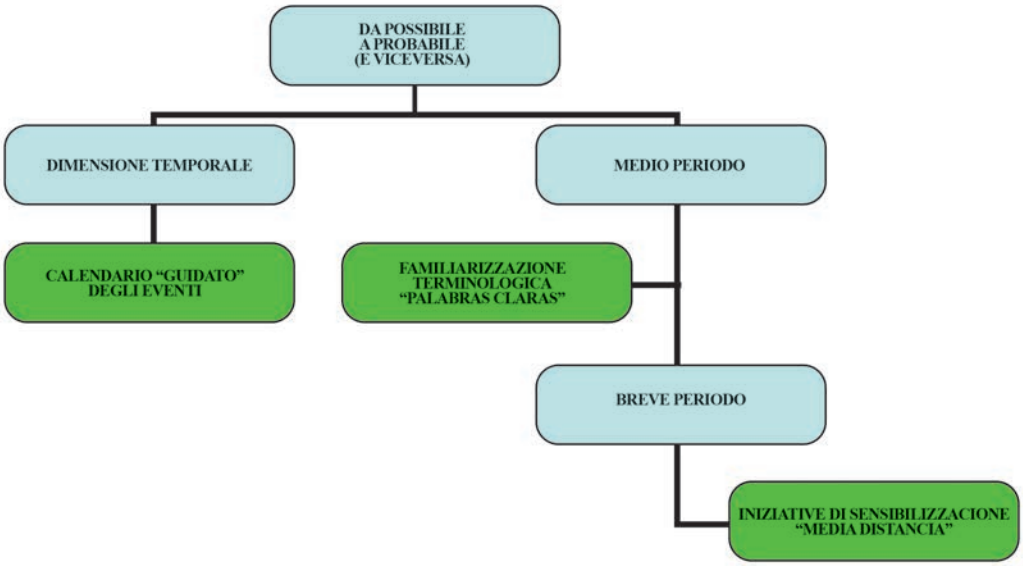


Fig. 11.5 – Posible, probable, previsible: el rol del factor tiempo. Vínculos y oportunidades de comunicación.



Fig. 11.6 – Encuentros con la población y las instituciones: a), c) San Vicente (El Salvador); b) San Nicolás Estelí (Nicaragua); d) San Antonio Palopó (Guatemala)

la de los eventos y la de los resultados. También esto constituye un factor fundamental para el periodista que se ocupa a trecientos sesenta grados de los desastres naturales: tendrá material para reportar las acciones eficaces, evidenciar las erradas e involucrar así a los que toman las decisiones en la arena mediática en contacto directo con los usuarios de los medios.

Cartografía

El periodismo se mueve siempre más a menudo hacia una comunicación en la cual el elemento visivo de marginal y servil se hace central y *self-explaining*. Con los desastres naturales esto es evidentemente aún más crucial y el apoyo de la comunidad científica debe ser protagonista. De hecho, no es suficiente proveer algún buen mapa a una redacción, incluso voluntariosa, ya que las competencias para adaptarla sin errores y reportarla en manera útil no se encuentran en los departamentos de gráfica y paginación de un periódico o en la sala de dirección de un canal televisivo.

11.4 La relación V x A

Población local

La comunicación de la existencia (conceptual) y del alcance (concreto) de la relación misma para la población local debe tener en cuenta los dos elementos evidenciados precedentemente y correspondientes, respectivamente, a la vulnerabilidad y a las amenazas: la identificación del nivel correcto de detalle analítico para la integración con el elemento humano (demográfico e individual/informal) y la relevancia de la capilaridad que los sistemas informativos de la protección civil tienen en ser (SAT) o pueden permitir idear (programas radiofónicos). Se pueden seguir dos vías: la sensibilización en periodos de no alarma a través de eventos e iniciativas ad hoc ((Fig.11.6) encuentros, laboratorios, jornadas y campañas de sensibilización) y la identificación de intervenciones específicas post-desastre que puedan ser empleadas con fines preventivos, en el caso de que –naturalmente- se hipotice un una probabilidad racionalmente alta de re-verificación. En este caso, se deben privilegiar los estudios que permiten tal comunicación.

Opinión pública

Las líneas de acción para la formación de un buen periodismo preventivo sobre desastres naturales (primer objetivo) son necesarias y casi suficientes para corregir y redimensionar el periodismo de emergencia (segundo objetivo) con tal de que se intervenga sobre los siguientes factores.

per riportare le azioni efficaci, evidenziare quelle errate e coinvolgere così i responsabili delle decisioni (tomadores de decisiones) nell'arena mediatica a diretto contatto con i fruitori dei media.

Cartografia

Il giornalismo si muove sempre più spesso verso una comunicazione in cui l'elemento visivo da marginale e ancillare si fa centrale e self-explaining. Coi disastri naturali ciò è evidentemente ancora più cruciale e il supporto della comunità scientifica deve farsi protagonista. Non è infatti sufficiente fornire qualche buona mappa ad una redazione, anche volenterosa, giacché le competenze per adattarla senza errori e riportarla in maniera utile non si trovano nei dipartimenti di grafica e impaginazione di un giornale o nella sala regia di un canale televisivo

11.4 La relazione V x M

Popolazione locale

La comunicazione dell'esistenza (concettuale) e della portata (concreta) della relazione stessa per la popolazione locale deve tenere conto dei due elementi evidenziati in precedenza e relativi, rispettivamente, alla vulnerabilità e alle minacce: l'individuazione del corretto livello di dettaglio analitico per l'integrazione con l'elemento umano (demografico e individuale/informale) e la rilevanza della capillarità che i sistemi informativi della protezione civile hanno in essere (SAT) o possono consentire di ideare (programmi radiofonici). Si possono seguire due strade: la sensibilizzazione in periodi di non allarme attraverso eventi ed inziative ad hoc ((Fig. 11.6) incontri, laboratori, giornate e campagne di sensibilizzazione) e l'individuazione di specifici interventi post-disastro che possano essere impiegati a fini preventivi, qualora – naturalmente – se ne ipotizzi una probabilità ragionevolmente alta di riverificarsi. Vanno dunque in questo caso privilegiati gli studi che consentono tale comunicazione.

Opinione pubblica

Le linee d'intervento per la formazione di un buon giornalismo preventivo sui disastri naturali (primo obiettivo) sono necessarie e quasi sufficienti a correggere e ridimensionare il giornalismo d'emergenza (secondo obiettivo) purché si intervenga sui seguenti fattori.

- Apoyo al trabajo periodístico con particular atención al uso de las mismas fuentes para la cobertura mediática analítica pre-emergencia y para aquellas durante la emergencia. Esto garantiza coherencia científica y la optimización de los recursos.

- Articulación de la oferta mediática preventiva a través del instrumento de la cita periódica, específica, circunscrita e incisiva sobre elementos particulares ligados al conocimiento de los fenómenos naturales potencialmente amenazadores.

A continuación se resumen algunas de las directrices operativas presentadas en la disertación precedente, distinguidas por áreas de acción y medios para implementarlas.

Campañas
- Vulnerabilidad: identificación de áreas lo más posible circunscritas para riesgos específicos, dirigiendo la atención a la verticalidad de la comunicación.

- Amenazas: identificación de áreas circunscritas pero más amplias, acuerpando, para los mismos específicos riesgos, las áreas de vulnerabilidad identificadas en precedencia.

- Ideación de criterios para integrar diversas jornadas de sensibilización en un calendario coherente y recurrente.

Dinámicas temporales de los fenómenos
- Redacción de un calendario general de los desastres naturales por área y por tipo de riesgo según los parámetros de relevancia científica explícitamente utilizados (o razonablemente utilizables) en los análisis.

- Elaboración de una versión del calendario general para los operadores de los medios que proponga los eventos anuales pertinentes y relevantes por sugerir y los criterios para hacerlo.

- Media distancia: ejemplos y "didáctica" simplificada sobre qué determina un estado de emergencia en una específica área pero que está determinado por lo que sucede en un área vecina mas no observable directamente, a través de prácticas de "crónica hacia atrás".

Cartografía
- Dotación de guía y apoyo a la lectura de la cartografía presente en los análisis.

- *Supporto al lavoro giornalistico con particolare attenzione all'utilizzo delle medesime fonti per la copertura mediatica analitica pre-emergenza e per quelle durante l'emergenza. Ciò garantisce coerenza scientifica e ottimizzazione delle risorse.*

- *Articolazione dell'offerta mediatica preventiva attraverso lo strumento dell'appuntamento periodico, specifico, circoscritto e incisivo su particolari elementi legati alla conoscenza dei fenomeni naturali potenzialmente minacciosi.*

Qui di seguito vengo riassunti alcuni degli indirizzi operativi presentati nella trattazione precedente, distinti per aree di intervento e mezzi per implementarli.

Campagne di sensibilizzazione
- *Vulnerabilità: identificazione di aree il più possibile circoscritte per specifici rischi, puntando alla verticalità della comunicazione.*

- *Minacce: identificazione di aree circoscritte ma più ampie, accorpando, per gli stessi specifici rischi, le aree di vulnerabilità in precedenza individuate*

- *Ideazione di criteri per integrare diverse giornate di sensibilizzazione in un calendario coerente e ricorsivo*

Dinamiche temporali dei fenomeni
- *Stesura di un calendario generale dei disastri naturali per area e per tipo di rischio secondo i parametri di rilevanza scientifica esplicitamente utilizzati (o ragionevolmente utilizzabili) nelle analisi*

- *Elaborazione di una versione del calendario generale per gli operatori dei media che proponga gli anniversari pertinenti e rilevanti da suggerire e i criteri per farlo*

- *Media distancia: esempi e "didattica" semplificata su cosa determina uno stato di emergenza in una specifica area ma che è determinato da ciò che accade in un'area vicina ma non di osservazione diretta, attraverso pratiche di "cronaca a ritroso"*

Cartografia
- *Fornitura di guida e supporto alla lettura della cartografia presente nelle analisi*

- Dotación de los instrumentos básicos para la correcta simplificación de la cartografía con el fin de transponer en mapas para la prensa escrita.

- Elaboración de un vademécum de los errores típicos en la divulgación mediática por medio de ejemplos de cartografía “despistadora”, de cartografía correcta pero subutilizada y de cartografía correcta pero mal utilizada.

- *Fornitura degli strumenti base per la corretta semplificazione della cartografia ai fini della trasposizione in mappe per la carta stampata*

- *Elabororazione di un vademecum degli errori tipici nella divulgazione mediatica attraverso esempi di cartografia “fuorviante”, di cartografia corretta ma sottoutilizzata e di cartografia corretta ma male utilizzata.*

Capítulo 12

EXPERIENCIAS DEL PROYECTO EN CENTRO AMÉRICA

ESPERIENZE DEL PROGETTO IN CENTRO AMERICA

12.1

Experiencias del proyecto en Guatemala

El principal reto del conocimiento en la educación superior, es lograr resultados efectivos en la trilogía de su gestión; en primer lugar, generar conocimiento en la investigación, seguido de cómo compartir ese conocimiento y finalmente, cómo ese conocimiento se aplica en la transformación de la realidad de la sociedad, en lo que se conoce como extensión universitaria.

A finales del año 2009, se inicia este proyecto con el objetivo primordial de establecer una red interuniversitaria colaborativa entre países de la región centroamericana e Italia, con el apoyo financiero de la Cooperación Italiana, orientada al análisis y la evaluación de las amenazas naturales en nuestro territorio, la cual realizó acciones sobre los tres ejes mencionados arriba. Las relaciones se han llevado a cabo principalmente entre Guatemala, El Salvador y Nicaragua, bajo la coordinación de la Universidad de Palermo; sin embargo a partir del 2013 se unió Honduras a la red, participando en algunas de las actividades.

En el caso de Guatemala, el proyecto trabaja a través de la Maestría en Gestión para la Reducción de Riesgo, impartida por la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, plataforma desde la cual ha llevado a cabo diversas actividades bajo el enfoque del ordenamiento territorial.

Uno de los aportes más significativos es el fortalecimiento en las temáticas en cuanto a evaluación aplicada al enfoque del ordenamiento territorial, aspecto que se aborda desde diversas metodologías, tanto en charlas magistrales abiertas a todo público, como en cursos específicos, así como en asesoría de profesores italianos en la elaboración de tesis de grado.

En relación a la investigación, adicionalmente a lo mencionado, el proyecto impulsa los trabajos de grado de los candidatos a maestros en ciencias, dado la pertinencia de los temas propuestos y su potencial contribución a la temática del ordenamiento territorial enfocada a buscar la sostenibilidad del territorio en Guatemala, que al igual que los otros países centroamericanos está constantemente bajo amenaza de desastres naturales.

De esta cuenta, cabe resaltar el importante papel que desempeña la universidad al iniciar estas acciones, que en coordinación con otras instituciones, contribuyen a sensibilizar sobre el tema, para ello se han organizado 5 foros, 2 talleres, 8 visitas de campo en misión y más de 30 conferencias, cada una de estas actividades debidamente planificada y dirigida a público específico, tanto a los estudiantes de postgrado o pregrado, sociedad involucrada, autoridades locales, así como una estrecha colaboración con instituciones vinculadas al tema, en el caso de Guatemala, CONRED, INSIVUMEH y las respectivas municipalidades así como la sinergia establecida con el Programa de Emergencia RAN, también de la Cooperación Italiana.

Pero la incidencia del proyecto no se limita únicamente al ámbito local, al integrarse la Red Inter-Universitaria por iniciativa de la Cooperación italiana, se logra interactuar no solo a nivel regional, sino sobre todo en el ámbito internacional con Italia, en consecuencia expertos italianos de la Universidad de Palermo y del Consejo Nacional de Investigaciones intercambiaron sus experiencias con estudiantes y expertos locales, así como expertos locales fueron parte del programa de movilidad docente establecido dentro del proyecto.

Esta actividad, además de estar cumpliendo con los objetivos trazados en las líneas generales del proyecto, propició el debate académico en el tema de las amenazas y vulnerabilidades y su relación con el ordenamiento del territorio; facilitó el conocimiento y la valoración de los esfuerzos que cada uno de los países realiza en el tema de la reducción de los desastres; y permitió, no solo a los docentes, sino también a los participantes de las maestrías, compartir sus experiencias en el tema.

Dentro de la estrategia de comunicación, como ya se indicó, se están realizando foros y conferencias donde se presentó el proyecto, es evidente que el esfuerzo más importante de este aspecto, es la publicación del presente volumen, el cual registra importante información científica para la interpretación de las dinámicas del comportamiento físico ambiental del territorio por lo que esta publicación puede ser considerada como un instrumento de consulta, tanto desde el punto de vista técnico para la planificación del ordenamiento territorial, así también desde el punto de vista político para poder organizar las dinámicas sociales y oportunidades económicas en función de la vulnerabilidad del territorio.

Esta primera experiencia de integración de una red científica encargada de este tema en sentido regional, permite la oportunidad de participar en otros proyectos que en conjunto, busquen propiciar conocimiento para contribuir de esta manera a lograr comunidades más seguras y de esta manera facilitar las condiciones de desarrollo integral.

Es preciso mencionar que los resultados alcanzados a la fecha con el proyecto no habrían sido posibles sin el apoyo de la Cooperación Italiana y la confianza que atinadamente depositó en nuestro coordinador, Giuseppe Giunta, quien con carácter y entusiasmo está llevando a cabo la dirección de un proyecto complejo dados los diversos actores, cada uno con su especial autonomía e institucionalidad.

Italia deja mucho en nuestros países. Deja el aporte económico de su pueblo traducido en formación académica, recursos tecnológicos y una importante red de contactos en el tema de riesgos. Deja la calidez de los docentes y amigos italianos, dignos representantes de su país, unidos con fuertes lazos de amistad y recuerdos perdurables de experiencias sumadas desde varios años atrás. Deja la ilusión de continuar sumando esfuerzos y que juntos continuemos trabajando para hacer un mundo más seguro.



Giovanna Maselli
Coordinadora por USAC
Guatemala

12.2

Experiencias del proyecto en El Salvador

"Es importante y urgente formar y capacitar profesionales en análisis y evaluación de las amenazas naturales porque un país tiene que organizarse en la prevención y mitigación de los desastres para garantizar un desarrollo económico y social; esta es una tarea prioritaria de las instituciones académicas y gubernamentales" *Giuseppe Giunta, Universidad de Palermo.*

En la Universidad de El Salvador, el Proyecto Red Interuniversitaria en Evaluación de Peligrosidades Naturales inicia en el 2009 con el apoyo de la Cooperación Italiana , con el objetivo de crear un programa de especialización en Evaluación de Peligrosidades Naturales, ampliar y transmitir el conocimiento científico centroamericano en materia de monitoreo de amenazas naturales y con el interés de aprovechar la experiencia de científicos italianos de la Universidad de Palermo (coordinadora del proyecto), del Consejo de Investigaciones de Italia/ Instituto de Geociencias Georecursos de Pisa (CNR/IGG), Maestros centroamericanos de la Universidad de San Carlos de Guatemala y de la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Managua; interactuando con maestros salvadoreños que han dedicado parte de su vida en la investigación de fenómenos naturales.

Porqué especializarse en evaluación de peligrosidades Naturales en El Salvador?

El Salvador al igual de la mayor parte de la Región Centroamericana está localizado en una zona de alta vulnerabilidad, en donde confluyen muchas condiciones naturales que permanentemente amenazan a la población humana. Muchos volcanes activos donde las laderas son inestables sumado a los eventos hidro meteorológicos como huracanes, tormentas y depresiones tropicales originadas en el Océano Pacífico, sequías prolongadas, terremotos, tsunamis y otros fenómenos, que presentan magnitudes extraordinarias y períodos de retornos inesperados, poniendo en peligro la vida de las personas y afectando la producción de alimentos básicos para la población y con ello la seguridad alimentaria.

Entonces, todos podemos reconocer que es imprescindible la preparación de especialistas en monitoreo y evaluación de amenazas naturales en El Salvador y la Región Centroamericana, con fundamento científico que fortalezcan la toma de decisiones a nivel gubernamental basado en el dominio de competencias, conocimiento y manejo de información para la gestión del riesgo, de forma que se inviertan recursos en la previsión de los desastres mucho más que en la mitigación de los mismos, he allí el rol activo de las Universidades.

Durante el 2010 y 2011, con el apoyo de la Cooperación Italiana, los miembros de esta Red Interuniversitaria y dentro de la Escuela de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador se desarrolló el Curso de Especialización en Evaluación de Peligrosidades Naturales contando de 5 módulos a nivel de posgrado, abriendo oportunidades a la formación profesional de alto nivel a 26 profesionales todos con Beca de la Cooperación Italiana, proporcionándoles herramientas tecnológicas y analíticas aplicables a la evaluación de peligrosidades naturales de tipo Volcánica, Sísmica, Geológicas y Geo Hidrológicas, con miras a la prevención de desastres, impulsando a una modificación estructural del accionar teórico/practico en la evaluación de amenazas naturales en El Salvador y Centroamérica.

Como resultado final del curso, cada participante desarrolló un proyecto de investigación en sitios estratégicos de alto riesgo, con el fin de aplicar los conocimientos adquiridos en el aula y divulgar resultados a la población relacionada al sitio. De esta manera se desarrolló una mañana de divulgación con miembros de la comunidad en el Parque Central del municipio de Verapaz departamento de San Vicente, organizado con la ayuda de la municipalidad.

Partiendo de la base académica científica ganada en el Curso de Especialización, la Universidad de El Salvador junto a Instituciones Gubernamentales como el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Protección Civil, Diputados de la Comisión de Medio Ambiente y Cambio Climático de la Asamblea Legislativa de El Salvador, la Oficina de Planificación del Área Metropolitana de San Salvador, entre otras, coincidimos en la necesidad de seguir y avanzar un peldaño mayor en cuanto a la intensidad de la enseñanza aprendizaje, por lo cual se organizaron varios seminarios uno de ellos con la presencia de los titulares de estas instituciones y del Magnífico Rector de la Universidad de Palermo, quienes dieron el aval para la construcción del plan de estudios de la primera Maestría Regional en Evaluación de Peligrosidades Naturales en El Salvador, único país miembro de esta Red que no contaba con un programa de formación profesional, a diferencia de USAC Guatemala y UNAN Managua, quienes han retomado con empeño y desarrollado programas similares desde hace unos años.

La visita del Magnífico Rector de la UNIPA, deja oportunamente declarado y acordado el reconocimiento mutuo de esta Maestría entre esa Universidad Italiana y la Universidad de El Salvador. El plan de estudios fue construido con los aportes esenciales de la Universidad de San Carlos de Guatemala, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Managua, Universidad de Palermo y mediante el análisis y valoración de especialistas salvadoreños de reconocida experiencia en el tema y bajo la filosofía que ésta área de trabajo debe ser abordada permanentemente y no solo cuando ocurren los desastres.

La primera convocatoria de la Maestría en Evaluación de Peligrosidades Naturales, cuenta con el apoyo de la Cooperación Italiana con becas a estudiantes nacionales y centroamericanos, con una matrícula de 36 profesionales provenientes de al menos 15 instituciones vinculadas a la Gestión de Riesgos y Ciencias de la Tierra, con participación de maestros Italianos de la Universidad de Palermo y del Consejo de Investigaciones de Italia, así como de Centroamérica (Guatemala y Nicaragua) y de El Salvador, dando oportunidad a que los docentes compartan experiencias, información e interactuando entre sí; generando espacios para la investigación científica mediante los trabajos de Tesis de los estudiantes en sitios estratégicos del territorio salvadoreño con temáticas orientadas a la Geología, Sismología, Vulcanología, Geo Hidrología; como también en la gestión de riesgos en las grandes áreas urbanas expuestas a peligros volcánicos y amenazas sísmicas incluyendo la validación de una nueva escalas de evaluación de la intensidad sísmica.

El resultado más importante del Proyecto en El Salvador es entonces, dar un salto a la calidad académica, científica y técnica para la formación profesional, generación de capacidades locales en las instituciones, de nuevos cuadros docentes que coadyuven a la sostenibilidad de esta Maestría en el futuro, así como también el fortalecimiento del intercambio docente en Centroamérica e Italia en el tema de Gestión del Riesgo fortaleciendo la línea base del conocimiento científico para un análisis más fundamentado de las amenazas naturales, permitiendo conocer nuevas experiencias y metodologías muy aplicables a nuestro país, que resultan en aumentar la posibilidad de salvar vidas humanas mediante la reducción del riesgo por la vía de la prevención.



Miguel Hernández
Coordinador por UES
El Salvador

12.3

Experiencias del proyecto en Nicaragua

En el marco del proyecto "Red Interuniversitaria en Evaluación de Peligrosidades Naturales en Centroamérica", financiado por la Cooperación Italiana y desarrollado bajo la coordinación de la Universidad de Palermo (Italia) y la colaboración de las Universidades de San Carlos de Guatemala, de El Salvador, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua-Managua y del Consejo de Investigaciones de Pisa (Italia), se llevaron a cabo varios proyectos académicos y de investigación, en el área de la evaluación de las peligrosidades naturales en la región. En el caso particular de Nicaragua, el proyecto se desarrolló en tres ejes principales:

1. Cooperación académica.
2. Financiamiento de becas en el programa de maestría.
3. Financiamiento de estudios de tesis de maestría y proyectos de investigación.

La contraparte de Nicaragua, es el Instituto de Geología y Geofísica (IGG-CIGEO/UNAN-MANAGUA), el cual junto con la Cooperación Italiana y la Universidad de Palermo desarrolló el Tercer Ciclo del Programa de la Maestría Centroamericana en Evaluación de Riesgos y Reducción de Desastres, desde cuya plataforma académica se impulsó cada uno de los ejes, mencionados anteriormente, en los que se desarrolló el proyecto.

Cada eje desarrollado, involucra una serie de actividades independientes, pero relacionadas entre sí, de las cuales se obtuvieron resultados muy positivos y de gran impacto en el ámbito de influencia de cada uno de ellos, lo que podría potencializarse en el desarrollo de futuros proyectos de mayor envergadura e impacto en la sociedad.

A continuación se describe brevemente, en qué consistió cada uno de los ejes de desarrollo del proyecto

1. Cooperación académica.

Durante el desarrollo del III ciclo de la maestría, varios docentes italianos impartieron conferencias especializadas a los estudiantes en la temática de evaluación de peligrosidades naturales, además de conferencias especializadas en el área de tectónica global. El desarrollo de esta serie de conferencias, fue de mucho provecho, no solamente para los participantes del programa de maestría, sino también para el equipo de investigadores del Instituto de Geología y Geofísica, al interactuar con los especialistas italianos, a través de la realización de viajes de campo, charlas técnicas, entre otras, lo cual contribuye al establecimiento de enlaces de comunicación y relación entre las instituciones involucradas, que podrían aprovecharse en un futuro para desarrollar proyectos conjuntos de investigación. Es importante señalar, que la cooperación académica, no solamente se limitó a impartir charlas y conferencias, sino también a la asesoría de tesis de maestría.

2. Financiamiento de becas en el programa de maestría.

De igual forma, por medio de la Cooperación Italiana fueron beneficiados ocho (8) estudiantes del programa de maestría (III Ciclo), a través de becas completas. Los estudiantes son provenientes de los diferentes países del istmo centroamericano (2 de El Salvador, 4 de Nicaragua, 2 de Guatemala), los que contaron con el apoyo económico y técnico continuo e ininterrumpido durante el desarrollo del programa de maestría. Cabe destacar, que el financiamiento de las becas, se extendió hasta finalizar completamente los estudios de tesis de cada estudiante, haciendo énfasis en la evaluación de peligrosidades naturales, en sitios críticos y de importancia en cada uno de los países involucrados, como respuesta a los objetivos principales del proyecto en general.

3. Financiamiento de estudios de tesis de maestría

Con el fin de responder a los objetivos principales del proyecto, se financiaron estudios de tesis de maestría de los estudiantes becados por la Cooperación Italiana, entre los cuales resaltan:

- "Gestión de Riesgo con Enfoque de Orden territorial Municipio Pueblo Nuevo, Estelí". Autor: Denise Blandón Iglesias.

- "Estudio de Susceptibilidad ante Inundación en el casco urbano de la ciudad de Bilwi, Puerto Cabezas, Región Autónoma Atlántico Norte (R.A.A.N), Nicaragua 2011". Autor: Delrin Kenny Chavarría Warman.

- "Evaluación del efecto de sitio en el area urbana de la ciudad de León, Nicaragua". Autor: Leydi Lacayo Martínez.

- "Evaluación de la vulnerabilidad Urbana ante Inundaciones en los barrios Milena Hernández, Orlando Ochoa, Panamá Soberana y 29 de Octubre del Municipio de Estelí". Autor: Fatima Ubeda Rodríguez.

Así mismo, se desarrolló un proyecto piloto de evaluación de peligrosidades naturales, específicamente Evaluación del Riesgo ante movimientos de laderas en el municipio de San Nicolás, Estelí, en el cual se involucraron todos los actores sociales del municipio, autoridades locales, y la población en general. Como parte de este proyecto, se desarrollaron dos tesis de maestría, las cuales fueron presentadas a las autoridades locales y la comunidad, mediante la realización de un taller, donde además de la presentación de los estudios técnicos realizados, también se discutió la posibilidad de colaboración a largo plazo entre el gobierno local, y la Cooperación Italiana, con el fin de ejecutar obras de mitigación ante la amenaza latente de los deslizamientos de ladera en el municipio, así como otros puntos de cooperación relacionados. De tal forma que desde el punto de vista estratégico, la realización de esta actividad tuvo un gran impacto, debido a que se logró establecer un canal de comunicación entre las autoridades locales, y la cooperación, así como la interacción directa con la población.

A nivel meramente técnico, se logró obtener un mapa de amenaza por deslizamientos en el área de estudio, y un mapa de vulnerabilidad ante tal amenaza en al área urbana, siendo éstos, dos herramientas esenciales para la planificación territorial y de desarrollo urbano del municipio, con el fin de crear comunidades resilientes ante los desastres naturales.

En forma general, el desarrollo de este proyecto, en todas sus fases y características ha contribuido de forma muy positiva para el desarrollo de las actividades académicas de nuestro programa de maestría, en particular y nuestra institución en general, consolidando de esta manera, el desarrollo académico de los estudiantes participantes en este programa, quienes en un futuro muy cercano serán actores claves para enfrentar los desafíos cada vez mayores, que representan los desastres naturales, sobre todo en una región tan activa como lo es Centroamérica.

A manera de conclusión, podemos decir con propiedad que, la Cooperación Italiana ha dado aportes significativos para el desarrollo de profesionales de los diferentes países, regiones y municipios, tomando en cuenta los procesos de desarrollo local y regional, otorgando protagonismo a las necesidades territoriales. Para nosotros la implementación de esta forma de cooperación implica un gran desafío en su formulación y seguimiento, sin embargo, aunque no es una tarea fácil de llevar adelante, el camino ya está allanado, para seguir trabajando con las comunidades, a través de las herramientas técnicas obtenidas de la ejecución de este proyecto, pero sobre todo a través del capital humano, altamente calificado profesionalmente, con el que ahora cuenta nuestro país.



Marvin Valle Orozco
Coordinador por UNAN-Managua
Nicaragua

12.4

a) Epílogo por la Cooperación Italiana

Objetivo del presente volumen es relatar una significativa experiencia de cooperación científica y universitaria financiada por el Gobierno Italiano en el ámbito de un proyecto de formación en el sector de las peligrosidades naturales y en particular en la gestión de los riesgos naturales en 3 Países de Centroamérica: El Salvador, Guatemala y Nicaragua.

Italia tiene una específica vocación en la ayuda internacional y en la Cooperación para el Desarrollo, instrumento que se inspira a los principios ratificados por las Naciones Unidas y por la Unión Europea y que constituye para nuestro País parte integrante de su política exterior. La cooperación universitaria representa uno de los instrumentos privilegiados además de ser un eje estratégico de la Cooperación Italiana en el mundo, por el hecho que apunta a las jóvenes generaciones ofreciéndoles formación de alto nivel, pero también un intercambio y un conocimiento que a veces llega más allá del objetivo mismo del proyecto.

De esta manera hay que entender la experiencia que se relata en este libro que resume el compromiso de la Universidad de Palermo para profesionalizar técnicos en la importante gestión de los desastres naturales que cada vez más se traducen en una carrera contra el tiempo que necesita de una amplia experiencia y capacidad técnica para resultar realmente eficaz. La Universidad Nacional de El Salvador, la Universidad San Carlos de Guatemala y la Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua han aceptado este desafío poniendo a disposición de la Universidad de Palermo las estructuras para formar jóvenes técnicos a partir también de la experiencia italiana.

El concepto de gestión del riesgo inevitablemente se conecta con el concepto de desarrollo, porque la defensa y la gestión del territorio ayuda a consolidar la relación con el propio ambiente, para conocerlo y protegerlo sabiendo como intervenir de la manera más oportuna, además que eficaz, en caso de calamidades naturales que en Centroamérica lastimosamente son cada día más frecuentes.

La sucesión de terremotos, huracanes y inundaciones, signa el ritmo de dicha área geográfica, como en el caso

Obiettivo del presente volume è quello di raccontare una significativa esperienza di cooperazione scientifica e universitaria finanziata dal Governo Italiano nell'ambito di un progetto di formazione nel settore delle pericolositá naturali, e in particolare nella gestione dei rischi naturali in 3 Paesi del CentroAmerica: El Salvador, Guatemala e Nicaragua.

L'Italia ha una sua specifica vocazione all'aiuto internazionale e alla Cooperazione allo Sviluppo, strumento che ispirandosi ai principi sanciti dalle Nazioni Unite e dall'Unione Europea, costituisce per il nostro Paese parte integrante della politica estera. La cooperazione universitaria rappresenta uno degli strumenti privilegiati oltre che un asse strategico della Cooperazione Italiana nel mondo, poiché punta alle giovani generazioni offrendo loro formazione di alto livello, ma anche scambio e conoscenza che spesso va molto aldilà dell'obiettivo stesso del progetto.

E' così che va intesa l'esperienza che si racconta in questo libro e che riassume l'impegno dell'Universitá di Palermo per professionalizzare tecnici nella importante gestione dei disatri naturali che sempre piú spesso si traduce in una corsa contro il tempo che necessita di grande esperienza e capacitá tecnica per essere realmente efficace. L'Università Nazionale di El Salvador, l'Universitá San Carlos di Guatemala e la Universitá Nazionale Autonoma di Nicaragua hanno accolto la sfida mettendo a disposizione dell'Universitá di Palermo le sue strutture per formare giovani e tecnici a partire anche dall'esperienza italiana.

Il concetto di gestione del rischio si collega sempre piú inevitabilmente anche al concetto di sviluppo, poiché la difesa e la gestione del territorio aiuta a consolidare la relazione con il proprio ambiente, a conoscerlo e salvaguardarlo sapendo come intervenire nel modo piú opportuno, oltre che efficace, in caso di calamitá naturali che in Centro America sono purtoppo sempre piú frequenti. L'alternarsi di terremoti, uragani e alluvioni, scandisce il ritmo di tale area geografica, come nel caso della recente alluvione dell'ottobre 2011 - nota come Depressione Tropicale E12 – e definita in El Salvador "una

de la reciente aluvión de octubre 2011 – conocida como Depresión Tropical E12 – y definida en El Salvador como "una de las peores catástrofes de la historia reciente de El Salvador", que ha causado daños y perdidas cuyo monto representa el 4 % del PIB solo en El Salvador, según estimaciones de CEPAL, y que, sustrayendo recursos importantes a la actividad ordinaria del País, ha puesto aún más en evidencia la conexión entre gestión del riesgo y desarrollo. Pero la situación no ha sido menor en los demás Países de la Región Centroamericana que en la misma circunstancia han sufrido igualmente fuertes daños.

La formación universitaria dirigida a las jóvenes generaciones es mucho más de una simple intervención de Cooperación porque se dirige, con una mirada hacia el futuro, a temas que son inevitablemente relacionados también con el desarrollo económico y social de los Países representando una cooperación necesaria, eficaz y previdente que representa ella también un instrumento extraordinario de lucha contra la pobreza entendida como lucha al empobrecimiento determinado también por la progresiva destrucción del territorio.

delle peggiori catastrofi della storia recente del Salvador", che ha causato danni e perdite pari al 4% del PIL solo in El Salvador, secondo stime della CEPAL, e che, sottraendo risorse preziose all'attivitá ordinaria del Paese, ha reso ancora piú evidente il nesso tra gestione del rischio e sviluppo. Ma la situazione non è stata da meno negli altri Paesi della Regione Centroamericana che hanno ugualmente subito ingenti danni nella stessa occasione.

La formazione universitaria rivolta alle giovani generazioni è quindi molto di più di un semplice intervento di Cooperazione poiché si rivolge, con uno sguardo al futuro, a temi che sono inevitabilmente collegati anche con lo sviluppo economico e sociale dell'intero Paese rappresentando una cooperazione necessaria, efficace e lungimirante che rappresenta anch'essa uno straordinario strumento di lotta alla povertà intesa come lotta all'impoverimento determinato anche dalla progressiva distruzione del territorio.

Ketty Tedeschi
Coordinadora de la Cooperación Italiana en El Salvador, 2010-2012
Ministerio de Relaciones Exteriores de Italia

b) Epílogo por la Cooperación Italiana

Las Universidades italianas, con base en una alta vocación científica y con buenas credenciales, entre otras, han aumentado en el último decenio el intercambio cultural y formativo científico en el área centroamericana, concentrándose sobre todo en los sectores relativos a los riesgos naturales y a la geotermia, con los homólogos centros académicos de Centroamérica.

En dicho contexto se ha implantado, con éxito técnico-científico, la iniciativa financiada por la Cooperación al desarrollo Italiana denominada "Programa de red interuniversitaria en el análisis y evaluación de las peligrosidades naturales en Centroamérica" realizada en tres Países de Centroamérica: El Salvador, Guatemala y Nicaragua.

El programa prevé un análisis de estos fenómenos naturales para la evaluación de los riesgos ambientales finalizada a la protección de la población y a la custodia del medioambiente, contribuyendo notablemente a prevenir los riesgos naturales a través de la colaboración entre universidades en la formación académica, en la experimentación y en las aplicaciones. La transferencia de tecnologías está finalizada a la elaboración de la optimización de modelos de intervención ya puestos en marcha y representa una unión provechosa entre Instituciones públicas, mundo académico, organismos internacionales y operadores calificados de este sector.

Varios cursos de maestría y de especialización, llevados a cabo en una estrecha colaboración entre docentes italianos y centroamericanos, han sido ya realizados y han permitido la inserción de nuevas y acrecentadas competencias profesionales en los sistemas públicos locales de gestión del territorio, con favorables mejoras también en las políticas ambientales y de prevención de riesgos.

Entre los otros resultados, la validación y el reconocimiento reciproco del título académico en los Países interesados representa, sin duda, un valor agregado al Programa de Cooperación.

Gracias a esta iniciativa, activa desde el año 2008, las Universidades públicas de El salvador, Nicaragua y Guatemala se han asociado con el objetivo de crear un recorrido profesional específico, dirigido a jóvenes profesionales públicos y privados interesados en profundizar los proprio conocimientos en los mencionados sectores.

Le Universita' italiane, facendo leva su una alta vocazione scientifica e buone credenziali, nell'ultimo decennio hanno contribuito all'aumentato interscambio culturale e formativo - scientifico nell'area centroamericana, concentrato soprattutto nei settori dei rischi naturali e della geotermia con gli omologhi centri accademici del Centro America.

In tale contesto si e' inserita con successo tecnico-scientifico l'iniziativa finanziata dalla Cooperazione allo Sviluppo Italiana denominata "Programma di rete interuniversitaria nell'analisi e valutazione delle pericolosita' naturali in Centro America" realizzata in tre Paesi del Centro America: El Salvador, Guatemala e Nicaragua.

Il programma si prefigge di analizzare questi fenomeni naturali per la valutazione dei rischi ambientali finalizzata alla protezione della popolazione ed alla salvaguardia dell'ambiente, contribuendo notevolmente a prevenire i rischi naturali attraverso la collaborazione inter-universitaria nella formazione accademica, nella sperimentazione e nelle applicazioni. Questo trasferimento di tecnologie è finalizzato all' elaborazione dell'ottimizzazione di modelli d'intervento già in essere ed è utile collegamento fra Istituzioni pubbliche, mondo accademico, organismi internazionali ed operatori qualificati di settore.

Vari corsi "master" e corsi di specializzazione, condotti in stretta collaborazione fra docenti italiani e centroamericani, sono stati già realizzati ed hanno permesso l'inserimento di nuove ed accresciute competenze professionali nei sistemi pubblici locali di gestione del territorio, con favorevoli ricadute anche sulle politiche di salvaguardia ambientale e di prevenzione dei rischi.

Tra gli altri risultati, la validità ed il riconoscimento reciproco nei Paesi interessati del titolo accademico ha rappresentato e rappresenta un indubbio valore aggiunto al Programma di Cooperazione.

Grazie a questa iniziativa, attiva dall'anno 2008, le Universita' pubbliche in El Salvador, Nicaragua e Guatemala si sono associate con l'obiettivo di creare un percorso professionale specifico indirizzato ai giovani professionisti pubblici e privati interessati ad approfondire le proprie conoscenze nei settori qui indicati.

El involucramiento directo en el proyecto también de varias Universidades privadas, de la Protección Civil y de las Instituciones locales e internacionales, además de las sinergias creadas en los varios países, son condiciones fundamentales para asegurar la sostenibilidad futura de la iniciativa.

No obstante la compleja estructura administrativo-contable prevista para la realización del programa, la iniciativa ya ha obtenido un buen éxito por la importancia y la reconocida prioridad asignada a los sectores de la sismicidad, del vulcanismo y de la geomorfología en el área de Centroamérica.

Para la problemática en objeto, se debe recordar la capacidad de coordinación y de formación demostradas en esta actividad por la Universidad de Palermo y por el CNR de Pisa, desde hace años comprometidas en esta cooperación relativa a las problemáticas relativas a los desastres naturales, a las medidas de mitigación y a la prevención de los riesgos relacionados.

En el ámbito de la actividad del UTL en El Salvador, recientemente constituido como entidad con competencias en Centroamérica y en el Caribe, el sector "desastres naturales" ha sido elevado entre aquellos de particular interés, también en la perspectiva de breve/medio término, tomando en cuenta las particulares necesidades del País y del interés más de una vez mencionado por las Autoridades Locales directamente operantes en el territorio.

Con la presente publicación se desea presentar un rápido panorama de cuanto realizado hasta hoy y dar testimonio del gran compromiso asumido por las varias Instituciones nacionales e internacionales involucradas en el programa que ha finalizado, vale la pena repetirlo, para enfrentar el importante y complejo problema de los desastres ambientales y de los riesgos relacionados para la población y para la salvaguarda de un ambiente tan atractivo, pero también tan frágil y sensible a los fenómenos naturales, como lo es el territorio de Centroamérica.

Il coinvolgimento diretto nel progetto di varie Universita'anche private, della Protezione Civile e delle Istituzioni locali ed internazionali, oltre alle sinergie create nei vari Paesi, sono condizioni fondamentali per assicurare la sostenibilità futura all'iniziativa.

Nonostante la complessa struttura amministrativo-contabile prevista per la realizzazione del programma, l'iniziativa ha già ottenuto un buon successo per l'importanza e la riconosciuta priorita' accordata ai settori della sismicità, del vulcanesimo e della geomorfologia nell'area del Centro America.

Per la problematica in questione, va qui ricordata la capacita' di coordinamento e di formazione dimostrate in questa attività dall'Universita' di Palermo e dal CNR di Pisa, da anni impegnate in questa cooperazione attinente alle problematiche legate ai disastri naturali, alle misure di mitigazione ed alla prevenzione dei rischi connessi.

Nell'ambito dell'attività dell'UTL in El Salvador, recentemente costituita con competenza in Centro America e nei Caraibi, il settore "disastri naturali" e' stato inserito fra i settori di particolare interesse, anche nella prospettiva di breve/medio termine, tenuto conto delle particolari necessita' del Paese e dell'interesse più volte richiamato dalle Autorità Locali direttamente operanti sul territorio.

Con la presente pubblicazione si vuole presentare una rapida panoramica di quanto realizzato sino ad oggi e testimoniare il grande impegno profuso dalle varie Istituzioni nazionali ed internazionali coinvolte nel programma che è finalizzato, è bene ripeterlo, ad affrontare l'importante e complesso problema dei disastri ambientali e dei rischi connessi per la popolazione e per la salvaguardia di un ambiente così affascinante, ma anche cosi' fragile e sensibile ai fenomeni naturali, come quello dell'America Centrale.

Rita Gonelli
Ministero degli Affari Esteri - Direzione Generale
per la Cooperazione allo Sviluppo Italiana
Direttore della UTL Regionale per il Centro
America ed i Caraibi in San Salvador

ARTÍCULOS CITADOS

LAVORI CITATI

Artículos citados

AGNESI V., DI MAGGIO C., FIORITO S., ROTIGLIANO E. (2002 b). Analytical approach for landslide hazard assessment in El Salvador (C.A.). Procceding of "Geomorphology: from Expert opinion to Modelling", Strasbourg, 263-270.

AGNESI V., DI MAGGIO C., ROTIGLIANO E. (2002 a). Eartquake-induced landslides in El Salvador. Procceding of "Geomorphology: from Expert opinion to Modelling", Strasbourg, 283-286.

AIUPPA ET AL. (2011). First observational evidence for the CO2-driven origin of Stromboli's major explosions. Solid Earth.

AMBRASEYS N.N., ADAMS R. D. (1996). Large Central American earthquakes 1898–1994, Geophys. J. Int. 127, 665–692.

ARANGO M.C., STRASSER F.O., BOMMER J.J., HERNÁNDEZ D.A., CEPEDA J.M. (2011). A strong-motion database from the Central American subduction zone. J Seismol., 15, 261–294.

AUDEMARD F., AZUMA T., CLAGUE J.,COMERCI V., GURPINAR A., MC CALPIN J., MOHAMMADIOUN B.,MORNER N.A., OTA Y., ROGHOZIN E. (2007). Intensity Scale ESI2007. Memorie Descrittive Carta Geologica. d'Italia., vol.74, Servizio Geologico d'Italia – APAT, Roma, 53 pp.

BARILLAS E. (2010). Creación de Información Técnico-científica para la reducción de riesgo a desastres en el proceso de planificación municipal. Municipalidad de Santiago Atitlan.

BENITO M. B., C. LINDHOLM, E. CAMACHO, Á. CLIMENT, G. MARROQUÍN, E. MOLINA,W. ROJAS, J. J. ESCOBAR, E. TALAVERA, G. E. ALVARADO, Y. TORRE (2112). A New Evaluation of Seismic Hazard for the Central America Region. Bull. Seismol. Soc. of America, 102, 2, 504–523.

BOMMER J., MCQUEEN C., SALAZAR W., SCOTT S., WOO G. (1998). A Case Study of the Spatial Distribution of Seismic Hazard (El Salvador). Natural Hazards, 18, 145–166.

BOMMER J., SALAZAR W., SAMAYOA R. (1998). Riesgo sísmico en la Región Metropolitana de San Salvador. Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente, PRISMA.

BOMMER J.J., BENITO M.B., CIUDAD-REAL M. ET AL. (2002). The El Salvador earthquakes of January and February 2001: context, characteristics and implications for seismic risk, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 389-418.

BUERK D., KLAUCKE I., SAHLING H., WEINREBE W. (2010). Morpho-acoustic variability of cold seeps on the continental slope offshore Nicaragua: Result of fluid flow interaction with sedimentary processes. Marine Geology, 275, 53–65.

CÁCERES D., MONTERROSO D., TAVAKOLI B. (2005). Crustal deformation in northern Central America. Tectonophysics, 40, 19, 119–131.

CANNATA M., FEDERICI B., MOLINARI M. (2007). Mapas de inundaciones debidas a tsunami mediante el GIS Grass: aplicación a la isla de Sta. Lucía, El Caribe. Proceedings of VIII Italian GRASS user meeting, Palermo, Italy.

CAPRAI A. (2005). Volcanic and Geothermal Gases and Low-enthalpy Natural Manifestations. Methods of Sampling and Analysis by Gas Chromatography. Journal of Applied Sciences 5 (1): 85-92.

CARR M. J. (1984). Symmetrical and segmented variation of physical and geochemical characteristics of the Central American volcanic front. J. Volcanol. Geotherm. Res., 20, 231-252.

CARRARA A., AGNESI V., MACALUSO T., MONTELEONE S., PIPITONE G. (1986). Slope movements induced by the Southern Italy Earthquake of november 1980. Geol. Appl. ed Idrogeol., 21, 237-250.

CASTALDINI D., GENEVOIS R., PANIZZA M., PUCCINELLI A., BERTI M., SIMONI A. (1988). An integrated approach for the analysing eaerthquake-induced surface effects: a case study from the Northern Apenines, Italy. J. Geodynamics, 26, 413-441.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Mx). 2001. El Salvador: Evaluación del terremoto del martes 13 de febrero de 2001.

CLAGUE J.J., MUNRO A., MURTY T. (2003). Tsunami Hazard and Risk in Canada. Natural Hazards, 28, 433–461.

CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, ESA). 2002. Terremoto en El Salvador 13 febrero.

CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guat.) 2010. Diagnóstico en las vecindades de la intersección de 11 av. A y la 6ta calle zona 2.

CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guat.) 2011. Boletín informativo No. 2090. Frana a Barillas, Huehuetenango.

CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guat.) 2011a. Boletín informativo No. 2092 - 60 giorni dopo sciame sismico: 4,211 eventi registrati.

CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guat.) 2011b. Boletín informativo No. 2091 – oltre a 2 mila 500 persone interessate da scosse varie a Santa Rosa.

CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guat.) 2011c. Boletín informativo No. 2152 – Il sistema CONRED attiva delle azioni per depressione tropicale 12-E.

CONRED (Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres, Guat.) 2012. Boletín informativo No. 2391. Autorità dicchiarano alcuni rioni di Mixco zone ad altro rischio.

CORTEZ S., LAJ L., MACHORRO R., REQUENA J. (2002). Evaluación de amenaza por deslizamientos, Senahú, Alta Verapaz, Guatemala.

DENGLER L., MCPHERSON R. (1993). The 17 August 1991 Honeydaw earthquake, north coast California: a case for revising the Modified Mercalli Scale in sparsely populated areas. Bulletin, Seismological Society of America 83, 1081–1094.

EBERHARD M. O., BALDRIDGE S., MARSHALL J., MOONEY W., GLENN J. R. (2010). The MW 7.0 Haiti Earthquake of January 12, 2010:USGS/EERI Advance Reconnaissance Team Report Open-File 2010-1048.

ESPINOSA A. F. (ed.), (1976). The Guatemala earthquake of February 4, 1976, a preliminary report. USGS Professional Paper 1002.

ESPINOSA A.F., HUSID R., QUESADA A. (1976). Intensity and source parameters from filed observations. The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976. USGS P. P. 1002, 52– 66.

ESPOSITO E., PECE R., PORFIDO S., TRANFAGLIA G. (2001). Hydrological anomalies precursory of earthquakes in Southern Apennines (Italy). NHESS 1, 137–144.

ESPOSITO E., PORFIDO S., MASTROLORENZO G., NIKONOV A.A., SERVA L. (1997). Brief review and preliminary proposal for the use of ground effects in the macroseismic intensity assessment. In: Proc. of the 30th International Geological Congress, Beijing, China, 5p. Contemporary Lithospheric Motion Seismic Geology, Intern. Science Publishers, Zeist, The Netherlands, pp. 233–243.

FEDERICI B., BACINO F., COSSO T., POGGI P., REBAUDENGO LANDÒ L., SGUERSO D. (2006). Análisis del riesgo de tsunami aplicado a un trecho de la costa ligurina, Geomatics Workbooks, 6.

FERNANDEZ M., MOLINA E., HAVSKOV J., ATAKAN K. (2000). Tsunamis and Tsunami Hazards in Central America. Natural Hazards, 22, 91–116.

FERRES D., ESCOBAR D., PULLINGER C., VALLANCE J.W., GRISWOLD J. P.

(2004). Mapa preliminar de amenaza volcanica Complejo Volcanico de Santa Ana - USGS-SNET.

FREUNDT A., STRAUCH W., KUTTEROLF S., SCHMINCKE H.U. (2007). Volcanogenic Tsunamis in Lakes: Examples from Nicaragua and General Implications. Pure appl. geophys., 164, 527–545.

GEIST E.L. (2002). Complex earthquake rupture and local tsunamis. Journal of Geophysical Research, 107, B5, 10.1029/2000JB000139.

GLOBAL CMT, 2008.

Gobierno de Guatemala 2011. Evaluación de daños y perdidas sectoriales ocasionadas por la Depresión Tropical 12E, noviembre de 2011.

GOVI M. (1977). Photo-interpretation and mapping of the landslide triggered by the Friuli earthquake (1976). Int. Ass. Eng. Geol. Bull., 15, 67-72.

GUERRIERI L., ESPOSITO E., MICHETTI A.M., PORFIDO S., VITTORI E. (2012) La scala di intensità sismica ESI 2007-http://eprints.bice.rm.cnr.it/4027/

GUZMAN-SPEZIALE M. (2010). Beyond the Motagua and Polochic faults: Active strike-slip faulting along the Western North America–Caribbean plate boundary zone. Tectonophysics, 496, 1–4, 13, 17-27.

HANCOX G. T., PERRIN N. H., DELLOW G. D. (2002). Recent studies of historical earthquake-induced landsliding, ground damage, and MM intensity in New Zealand, Bull. of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 35, 2, 59-95.

HARP E.L., WILSON R.C., WIECZOREK G.F. (1981). Landslides from the February 4,1976, Guatemala earthquake. USGS Professional Paper, 1204 A.

HARP E.L., WILSON R.C., WIECZOREK G.F. (1981). Landslides from the Febbruary 4, 1976, Guatemala earthquake. U.S. Geol. Survey, professional Paper, 1204-A, 1-35.

HEESEMANN M., GREVEMEYER I., VILLINGER H. (2009). Thermal constraints on the frictional conditions of the nucleation and rupture area of the 1992 Nicaragua tsunami earthquake. Geophys. J. Int., 179, 1265–1278, doi: 10.1111/j.1365-246X.2009.04187.x.

INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología, Gua) 2005. Resumen del impacto asociado al Huracán Stan en Guatemala.

KEEFER D.K., WIECZOREK G.F., HARP E.L., TUEL D.H. (1978). Preliminary assessment of seismically induced landslides susceptibility. Inter. Conf. Microzon. Safer Constr., II, S. Francisco Proceed., 1, 279-290.

LINDHOM C.D., CLIMENT A., CAMACHO E., STRAUCH W., CEPEDA J., CACERES D. (2007). Central América. Geology, resources and hazards. Charter 35. Seismic hazard and microzonation.

MAJOR J.J., SCHILLING S.P., SOFIELD D.J., ESCOBAR C.D., C.R. PULLINGER (2001). Riesgos Volcánicos en la Región deSan Salvador, El Salvador. Open file 01-366 USGS.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Sv). 2008. Recopilación histórica de los desastres en El Salvador 1900-2005. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Sv). 2010. Síntesis de los informes de evaluación técnica de las lluvias del 7 y 8 de noviembre 2009 en El Salvador: Análisis del impacto físico natural y vulnerabilidad socio ambiental.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Sv). 2011. Descripción y cronología de la depresión tropical 12E y sistema depresionario sobre El Salvador 10-19 octubre 2011. 39 pág.

ME¬YER B. (1997). What are Volcano Hazards? USGS 002-97 http://pubs.usgs.gov/fs/fs002-97/fs002-97.pdf

MICHETTI A.M., ESPOSITO E., GUERRIERI L., PORFIDO S., SERVA L.,TATEVOSSIAN R., VITTORI E.,

MICHETTI A. M., ESPOSITO E., GURPINAR J., MOHAMMADIOUN B., MOHAMMADIOUN A., PORFIDO S., ROGOZHIN E., SERVA L., TATEVOSSIAN R., VITTORI E., AUDEMARD F., COMERCI V., MARCO S., MCCALPIN J., MORNER N.A. (2004). The INQUA Scale. An innovative approach for assessing earthquake intensities based on seismically-induced ground effects in natural environment. Special Paper, Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, 67, Servizio Geologico d'Italia.

MOLINA E., M. VILLAGRAN, J.P. LIGORRIA (1996). Amenaza sismica en Guatemala. INSIVUMEH Program of Reduction of Natural Disasters in Central America. Report of the Research Council of Norway (NORSAR), 40 pp.

MOLINA E., MARROQUÍN G., ESCOBAR J.J., TALAVERA E., ROJAS W., CLIMENT Á., ASTIGARRABIA E. C., LINDHOLM C., GASPAR ESCRIBANO J. M., GARCÍA RODRÍGUEZ M.J., PÉREZ ESCALANTE M., RIVAS MEDINA A., GARCÍA BLANCO R., BENITO OTERINO M. B. (2008). Proyecto con América Latina 2008 (UPM) – Evaluación Regional de la amenaza sísmica en Centro América. AL08-PID-038, Informe final.

MUTTI M., DROXLER A.W., CUNNINGHAM A.D. (2005). Evolution of the Northern Nicaragua Rise during the Oligocene–Miocene: Drowning by environmental factors. Sedimentary Geology, 175, 237–258.

OKAL E.A., NEWMAN A.V. (2001). Tsunami earthquakes: the quest for a regional signal. Physics of the Earth and Planetary Interiors, 124, 45–70.

OPS (Organización Panamericana Para La Salud, ESA). 2001. Terremotos en El Salvador. In Boletín epidemiológico vol. 22, No 1.

OXFAM (2006). Evaluación de riesgos por deslizamientos y flujo de detritos en Santiago Atitlán, Sololá. Tomo 1. Guatemala.

PLAFKER G., BONILLA M.G., BONIS S.B. (1976). Geologic effects. The Guatemalan Earthquake of February 4, 1976. USGS Professional Paper 1002, 38– 51.

PLAFKER G., ERICKSON G.E., CONCHA J.F. (1971). Geological aspects of the may 31, 1970, Perù earth-quake. Seismol. Soc. Amer. Bull., 61, 543-578.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo PNUD-Guatemala) 1999. Las implicaciones de Mitch para el desarrollo rural.

PNUD (Programa de las Naciones Unidad Para el Desarrollo), 2001. Panorama del impacto ambiental de los recientes desastres naturales en América Latina y el Caribe. Comité Técnico Interagencial del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe.

PNUD (Programa de las Naciones Unidad Para el Desarrollo, ESA). 2004. El Salvador: Evaluación de los daños ocasionados por el huracán Mitch, 1998, sus implicaciones para el desarrollo económico y social y el medio ambiente.

PORFIDO S., ESPOSITO E., SPIGA E., MAZZOLA S. (2012). Application of the ESI Scale: Case study of the February 4, 1976 Guatemala earthquake. INQUA-IGCP 567 Proc. Morelia (Mexico), 3, 147-150.

PORFIDO S., ESPOSITO E., VITTORI E., TRANFAGLIA G., GUERRIERI L., PECE R. (2007). Seismically induced ground effects of the 1805, 1930 and 1980 earthquakes in the Southern Apennines (Italy). Boll.Soc.Geol.It. (Ital .J. Geosci.), 126, 2 , 333-346.

RODRIGUEZ C.E., BOMMER J.J., CHANDLER R.J. (1999). Earthquake-induced landslides: 1980-1997. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 18, 325-246.

RYMER M.J. (1993). The San Salvador earthquake of October, 10, 1986 – geological aspects. Earthquake Spectra, 3, 435-463.

SCANDONE R., GIACOMELLI L. (1998). Vulcanologia: “Principi Fisici e metodi di indagine”.

SCHILLING S.P., VALLANCE J.W., MATÍAS O., M.M HOWELL (2001). Lahar Hazards at Agua Volcano, Guatemala. USGS Open-File Report 01-432.

SEGEPLAN - Secretaría de Planificación y Programación de Guatemala (2006). Efectos en Guatemala de las lluvias torrenciales y la tormenta tropical Stan, octubre de 2005.

SERVA L. (1994) Ground effects in the intensity scale. Terra Nova, 6, 414-416. Sociedad Geológica de Guatemala (2007). Informe de diagnóstico geológico-geotécnico Hundimiento Barrio San Antonio Zona 6, Guatemala.

TALUKDER A.R., BIALAS J., KLAESCHEN D., BUERK D., BRUECKMANN W., RESTON T., BREITZKE M. (2007). High-resolution, deep tow, multichannel seismic and sidescan sonar survey of the submarine mounds and associated BSR off Nicaragua pacific margin. Marine Geology, 241, 33–43.

TASSI F., VASELLI O., CAPACCIONI B., MONTEGROSSI G., BARAHONA F., CAPRAI A. (2007). Scrubbing process and chemical equilibria controlling the composition of light hydrocarbons in natural gas discharges: An example from the geothermal fields of El Salvador. AGU and the Geochemical SocietyVolume 8, 5. Q05008, doi:10.1029/2006GC001487 - ISSN: 1525-2027

TEN BRINK U.S., GEIST E.L., ANDREWS B.D. (2006). Size distribution of submarine landslides and its implication to tsunami hazard in Puerto Rico. Geophysical Research Letters, 33, L11307, doi:10.1029/2006GL026125,

TINTI S., PAGNONI G., ZANIBONI F., BORTILUCCI E. (2003). Tsunami generation in Stromboli island and impact on the south-east Tyrrhenian coasts, Natural Hazards and Earth System Sciences.

VALLANCE J.W., S.P. SCHILLING, O. MATÍAS, W.I. ROSE, M.M HOWELL (2001). Volcano Hazards at Fuego and Acatenango, Guatemala, U.S.G.S. Open-File Report 01-431

VALLANCE J.W., SCILLING S. P:, DEVOLI G., REID M.E. HOWELL M.M., BRIEN D. (2004). Lahar hazards at Casita and San Cristobal Volcaeos. USGS Open Files Report 01-468.

VARNES, D.J. (1978). Slope movement types and processes, in Schuster, R.L., and Krizek, R.J., eds., Landslides-Analysis and control: National Research Council, Washington, D.C., Transportation Research Board, Special Report 176, 11–33.

VON HUENE R., RANERO C.R., WATTS P. (2004). Tsunamigenic slope failure along the Middle America Trench in two tectonic settings. Marine Geology, 203, 303-317.

Sitios Web

http://cesarperezmendez.blogspot.com/2010/04/la-peor-noche-que-han-vivido-los.html

http://cires.colorado.edu/~bilham/Haiti/Haiti%20earthquake%20photos/Rupture%20update.html

http://earthquake.usgs.gov/

http://earthquake.usgs.gov/regional/neic/

http://gmelsalvador.blogspot.com/

http://hvo.wr.usgs.gov/volcanowatch/archive/1994/94_09_23.html

http://santatecladigital.gob.sv/modificados/13-01-Riesgo/doc/var/riesgg.pdf

http://volcanoes.usgs.gov/

http://water.usgs.gov/ogw/eq/VAquake2011.html

http://www.ct.ingv.it/index.php?option=com_content&view=article&id=53:il-monitoraggio-dele-deformazioni-del-suolo-nelle-isole-minori-eolie&catid=48&Itemid=36&lang=it

http://www.elsalvador.com/noticias/2004/09/18/metro/met4.asp

http://www.ineter.gob.ni/

http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/sismologia/terremoto_1976.jpg

http://www.isprambiente.gov.it/files/progetti/inqua/esi-2007-inqua-scale-spagnolo-2010-1.pdf

http://www.isprambiente.gov.it/files/progetti/inqua/esi-eee-volume-april-2012.pdf

http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/inquascale/documenti

http://www.marn.gob.sv/phocadownload/informe_depresion_tropical_12E.pdf

http://www.mnh.si.edu/education/

http://www.ngdc.noaa.gov/seg/hazard/tsu_db.shtml

http://www.oas.org/CDMP/document/lucilec/lucilec1.htm

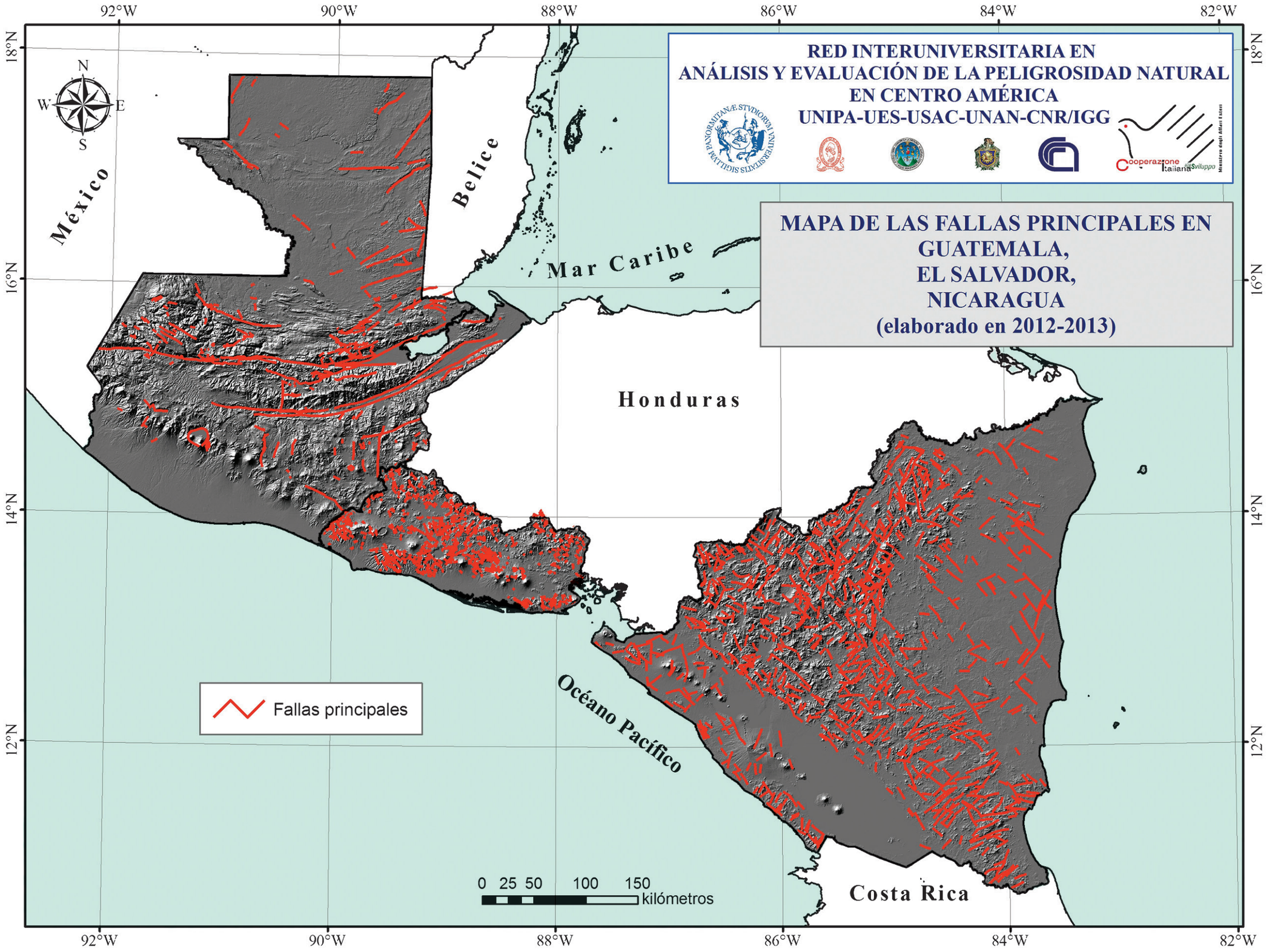
http://www.prh.noaa.gov/pr/ptwc/abouttsunamis.htm

http://www.sinapred.gob.ni/

Anexos

RED INTERUNIVERSITARIA EN ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG

MAPA DE LAS FALLAS PRINCIPALES EN GUATEMALA, EL SALVADOR, NICARAGUA (elaborado en 2012-2013)



- Anexo 1

RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG

MAPA GEOLÓGICO-SINTÉTICO DE GUATEMALA, EL SALVADOR, NICARAGUA 2012-13

(elaborado con base a mapas oficiales)

94°W 92°W 90°W 88°W 86°W 84°W
16°N 14°N 12°N

N W E S

México
Belice
Mar Caribe
Honduras
Océano Pacífico
Costa Rica

Países Mesoamérica
Agua
Fallas

VOLCANITAS

Vulcanismo cuaternario
Rocas volcánicas de los conos volcánicos de la Cordillera Centroamericana: lavas basálticas y andesíticas en flujos y domos, rocas piroclásticas, cenizas y tobas – Cuaternario-Presente

Magmatismo terciario
Rocas volcánicas y plutónicas: lavas, rocas volcanoclásticas, granitoides, ignimbritas, pómez y rocas piroclásticas – Terciario

DEPÓSITOS SEDIMENTARIOS

Depósitos sedimentarios
Secuencias desde volcanosedimentarias a areniscas y calizas – Terciario-Cuaternario

Terrígenos de la Formación Subinal y equivalentes
Depósitos continentales clásticos de areniscas, siltitas y conglomerados multicolores – Cretácico Sup.-Terciario Inf.

ROCAS PLUTÓNICAS

Rocas plutónicas
Rocas plutónicas granitoides y granodioríticas de varios orígenes – Paleozóico-Terciario

OFIOLITAS

Secuencia ofiolítica del arco volcánico
Peridotitas serpentinizadas, gabros, basaltos andesíticos, rocas volcanoclásticas, brechas calcáreas y calcarenitas – Cretáceo medio-sup.

Secuencia ofiolítica del fondo oceánico
Peridotitas serpentinizadas, metagabros, lavas en almohadillas, metaradiolaritas, metarenitas y filitas, mármoles y metacalcarenitas – Jurásico-Cretácico medio-sup.

0 15 30 60 90 120 kilómetros

BLOQUE CHUACÚS

Cubiertas sedimentarias – Mesozóico

Basamento: filitas, esquistos cloriticos y granatiferos, gneiss, mármoles y migmatitas – Paleozóico-Mesozóico

BLOQUE CHORTIS

Cubiertas sedimentarias: areniscas y arcillas, areniscas multicolores, calizas – Mesozóico

Basamento: rocas metamórficas hasta eclogitas y plutónicas – Paleozóico

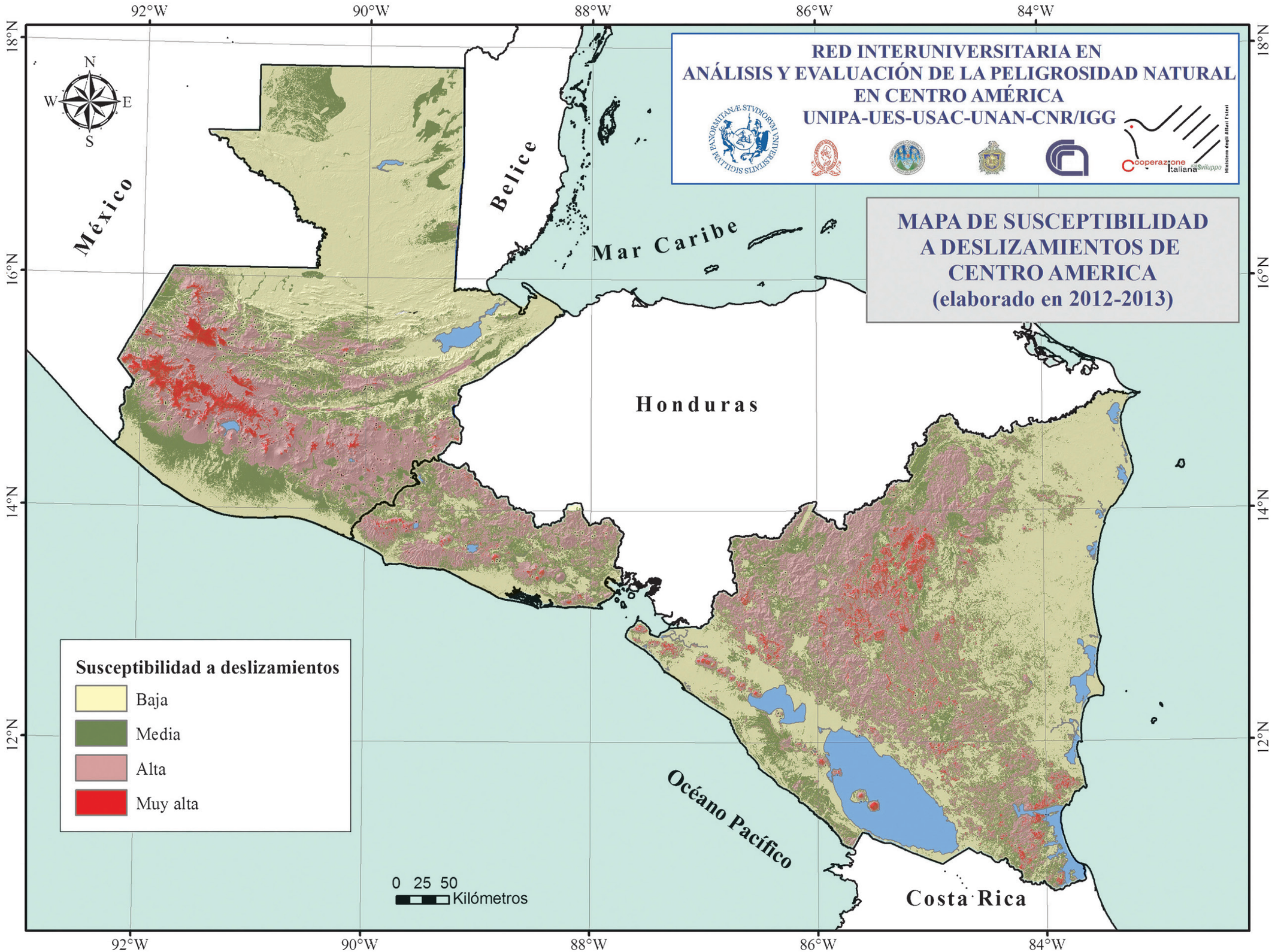
BLOQUE MAYA

Cubierta sedimentaria: evaporitas y areniscas, carbonatos, siltitas y areniscas flyschoides, calcarenitas y calizas – Mesozóico-Terciario

Basamento: rocas metamórficas de diversos grados y plutónicas – Carbonífero-Pérmico

RED INTERUNIVERSITARIA EN
ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE LA PELIGROSIDAD NATURAL
EN CENTRO AMÉRICA
UNIPA-UES-USAC-UNAN-CNR/IGG

MAPA DE SUSCEPTIBILIDAD A DESLIZAMIENTOS DE CENTRO AMERICA (elaborado en 2012-2013)



- Anexo 3

















ISBN: 978-9929-40-493-9