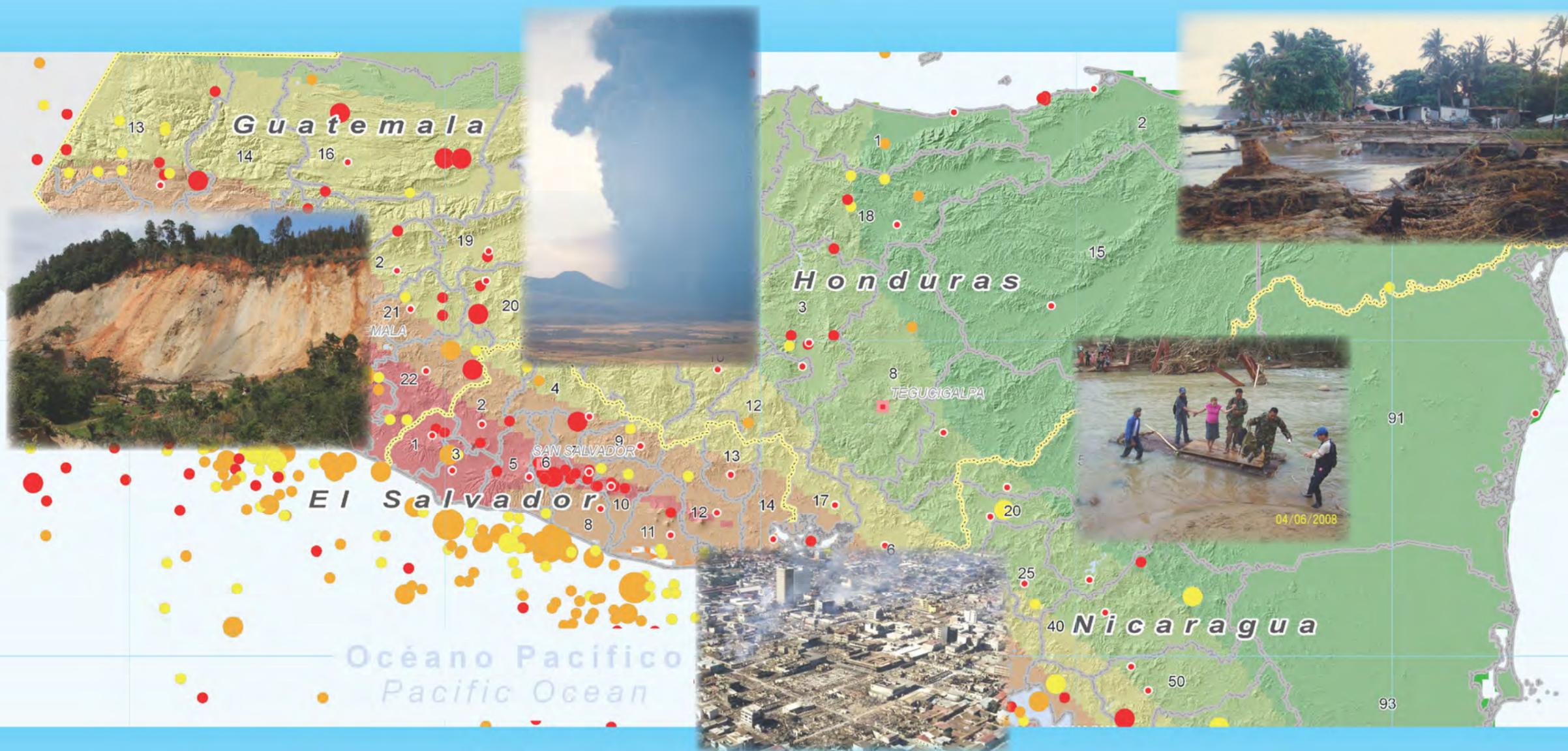


# Proyecto Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica



Manual para la Evaluación de la Exposición al Riesgo  
frente a Amenazas Naturales en Centroamérica  
– El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua –





El

**Manual para la Evaluación de la Exposición al Riesgo frente a Amenazas Naturales en Centroamérica**

**- El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua -**

fue elaborado bajo el auspicio

del

Proyecto de Cooperación Técnica

**Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica**

entre

Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), El Salvador

Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Guatemala

Comisión Permanente de Contingencias (COPECO), Honduras

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Nicaragua

y

Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR), Alemania



**SNET**  
Servicio Nacional  
de Estudios Territoriales



**BGR**

*Lista de palabras claves para indexar*

Amenaza Sísmica, Amenaza Volcánica, CARA-GIS, Centroamérica, Cooperación Técnica, Deslizamiento, El Salvador, Evaluación de Pérdida Potencial, Geo-Riesgo, Gestión del Riesgo de Desastres, Guatemala, Honduras, Inundación, Manual, Mapa de Amenaza, Mapa de Exposición a Riesgos, Nicaragua, Planificación Territorial, Susceptibilidad, Vulnerabilidad Socio-Económica

*Citación recomendada de este documento*

BALZER, D.; JÄGER, S. & D. KUHN (2010): Manual para la Evaluación de la Exposición al Riesgo frente a Amenazas Naturales en Centroamérica - El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua. - Proyecto de Cooperación Técnica 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica': 121 páginas; 26 imágenes; 44 tablas; 35 mapas; San Salvador, Ciudad de Guatemala, Tegucigalpa, Managua, Hannover.

ISBN 978-3-9813373-8-9



Este manual está también disponible en inglés (ISBN 978-3-9813373-7-2).

## Prólogo

Los países de Centroamérica relacionados al proyecto, El Salvador (SV), Guatemala (GT), Honduras (HN) y Nicaragua (NI), cubren un área de alrededor de 371,500 km<sup>2</sup> y tienen una población aproximada a los 34 millones de habitantes. Esta parte central del istmo centroamericano se sitúa entre las longitudes 92° 14 ' O y 83° 9 ' O y las latitudes 17° 50' N y 10° 40' S.

Centroamérica está ubicado en la interacción entre las placas tectónicas oceánicas Coco y Nazca al oeste y la placa Caribe al este, que incluye una parte continental de la América Central. Debido a la subducción continua en el margen convergente, la placa Coco dobla al noreste, hacia la placa Caribe y al arco volcánico centroamericano. Esta posición tectónica hace que Centroamérica sea propensa a geo-amenazas, tales como terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, y/o deslizamientos subsiguientes.

Con el fin de mitigar el impacto de los desastres naturales en Centroamérica causados por los acontecimientos geológicos e hidrometeorológicos asociados como huracanes, un análisis de los riesgos y el mapeo correspondiente, tanto nacional como supra-regional, son imprescindibles. El análisis de riesgos comprende el conocimiento integral de las condiciones topográficas y demográficas, así como los aspectos infraestructurales, económicos y sociales, como p.ej. la disponibilidad de las instalaciones de atención a la salud. La incorporación de esta información resulta en una evaluación de exposición a riesgos cuyos resultados pueden ser implementados posteriormente en los procesos de planificación del desarrollo territorial. Las autoridades nacionales directas

- Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), El Salvador;
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Guatemala;
- Comisión Permanente de Contingencias (COPECO), Honduras;
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Nicaragua

involucradas en el proyecto de 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica', tienen la tarea de llevar a cabo un estudio enfocado en geo-amenazas, vulnerabilidad y geo-riesgos en sus propios países, entre otras.

Sin embargo, en muchos casos el impacto resultante de las amenazas naturales y los desastres en Centroamérica es de carácter supra-regional. Las 'lecciones aprendidas' de los desastres como el huracán 'Mitch' obligan a alinear las estrategias y las políticas de la Gestión del Riesgo de Desastres en un contexto más transnacional. Por lo tanto, este manual pretende señalar las maneras de cómo abordar la evaluación de riesgos ante las geo-amenazas también a nivel supra-regional.

El propósito principal de este manual es ayudar a las autoridades nacionales e intergubernamentales geocientíficas y de planificación territorial, a fortalecer sus capacidades de mapeo y evaluación de exposición a riesgos ante las geo-amenazas y, por ende, promover un procedimiento sostenible para la evaluación de riesgos en Centroamérica.

El 'Manual para la Evaluación de la Exposición al Riesgo frente a Amenazas Naturales en Centroamérica' fue publicado bajo la cooperación entre SNET, INSIVUMEH, COPECO, INETER, y BGR a través del Proyecto 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica'.

En reconocimiento de todos los que han contribuido a la publicación de este manual.

El Equipo del Proyecto  
'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica'

San Salvador, Ciudad de Guatemala, Tegucigalpa, Managua, Hannover, Junio 2010

## Colaboradores

Manuel Diaz, B.Sc. Luis Menjivar, B.Sc. Giovanni Molina, M.Sc.	SNET
Ing. Xiomara León	INSIVUMEH
Ing. Gonzalo Funes	COPECO
Ing. Alex Castellon Angélica Muñoz, M.Sc.	INETER
Ing. Norwin Acosta Lic. Walter Espinoza Dr. Wilfried Strauch, Dipl.-Seism.	Consultores del Proyecto, Managua  y Autor de la sección <i>Geo-Amenazas y Geo-Riesgos en Centroamérica</i>
Arq. Rhina Palucho	Consultor del Proyecto, San Salvador
Dr. Stefan Jäger, Dipl.-Geogr.	Consultor del Proyecto, geomer GmbH/FRG
Dr. Dirk Balzer, Dipl.-Geol. Dr. Dirk Kuhn, Dipl.-Geol.	BGR/Proyecto 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica' (06/2009 - 07/2010)

## Contactos

Coordinador del Proyecto – SNET  
Giovanni Molina, M.Sc.  
Teléfono: + (503) 2267-9533; correo electrónico: gmolina@marn.gob.sv

Coordinadora del Proyecto – INSIVUMEH  
Ing. Xiomara León  
Teléfono: + (502) 2261-3238; correo electrónico: xiomaraleon@gmail.com; indireccion@insivumeh.gob.gt

Coordinador del Proyecto – COPECO  
Ing. Gonzalo Funes  
Teléfono: + (504) 229-0606; correo electrónico: gfunes@copeco.gob.hn

Coordinadora del Proyecto – INETER  
Angélica Muñoz, M.Sc.  
Teléfono: + (505) 2249-2761 ext. 122; correo electrónico: angelica.munoz@gf.ineter.gob.ni

Dr. Dirk Kuhn (dirk.kuhn@bgr.de)  
Director del Proyecto (8/2009 - 7/2010)  
Proyecto 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica'  
<http://www.georiesgos-ca.info/>

Sede del Proyecto:  
Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)  
Frente a la Clínica Metrópoli Xolotlán  
Managua/Nicaragua  
Teléfono: + (505) 2249-9174  
Fax: + (505) 8375-4075

Dr. Dirk Balzer (dirk.balzer@bgr.de)  
Jefe de la Sección 'Evaluación de Amenazas en Ingeniería Geológica'  
Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe  
GEOZENTRUM HANNOVER  
Stilleweg 2, 30655 Hannover, Alemania  
Teléfono: + (49) 511 643-2742  
Fax: + (49) 511 643-3694  
<http://www.bgr.bund.de/>

## Contenido

<b>Introducción</b> .....	<b>1</b>	<b>Exposición a los Riesgos</b> .....	<b>67</b>
Antecedentes.....	1	Enfoque de Amenaza Única: Población Expuesta a Amenaza Volcánica, Ejemplo Nicaragua.....	68
Evaluación y Mapeo de Riesgos.....	2	Enfoque de Amenaza Única: Población expuesta a Amenaza de Inundaciones, Ejemplo El Salvador.....	70
Propósito del mapeo de riesgos a nivel nacional / supra-regional en Centroamérica.....	2	Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura Expuesta a Amenaza Volcánica, Ejemplo Nicaragua.....	72
Realización de Planificación Territorial Sensible a Riesgos.....	2	Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura Expuesta a Amenaza por Inundaciones, Ejemplo El Salvador.....	74
Grupo Destinatario.....	3	Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura, Caso de Estudio Evaluación de Pérdida Potencial, Ejemplo Nicaragua.....	76
Marco Conceptual.....	3	Enfoque de Amenaza Única: Instalaciones de Atención a la Salud Expuestas a Amenaza por Deslizamientos, Ejemplo El Salvador.....	78
¿Cómo leer este Manual?.....	4	Enfoque de Amenaza Única: Población Expuesta a Amenaza por Deslizamientos, Supra-Regional.....	80
Nota Aclaratoria.....	4	Enfoque de Amenaza Única: Población Expuesta a Amenaza Sísmica, Supra-Regional.....	82
<b>Geo-Amenazas y Geo-Riesgos en Centroamérica</b> .....	<b>5</b>	Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura Expuesta a Amenaza por Deslizamientos, Supra-Regional.....	84
Resumen General.....	5	Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura Expuesta a Amenaza Sísmica, Supra-Regional.....	86
Tipos de Amenaza.....	6	Enfoque de Amenaza Única: Potencial Económico Expuesto a Susceptibilidad por Deslizamiento, Supra-Regional.....	88
Sistemas de Monitoreo, Recolección de Datos, SIG.....	12	Enfoque de Amenaza Múltiple: Infraestructura Expuesta a Amenaza Sísmica y por Deslizamientos, Ejemplo Guatemala.....	90
Cooperación Regional e Internacional.....	12	Enfoque de Amenaza Múltiple: Población Expuesta a la Amenaza Sísmica y por Deslizamiento, Supra-Regional.....	92
Eventos de Desastres Naturales (2000 - 2009) utilizando Emergencia (EM) – Base de Datos (DAT).....	14	Enfoque de Amenaza Múltiple: Infraestructura (Carreteras) Expuesta a la Amenaza Sísmica y por Deslizamientos, Supra-Regional.....	94
<b>Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS</b> .....	<b>17</b>	<b>Perspectiva</b> .....	<b>97</b>
Filosofía General.....	17	<b>Anexos</b> .....	<b>99</b>
Enfoque Conceptual.....	17	Referencias.....	100
Modelo de Datos / Arquitectura de la SIG y Base de Datos.....	18	Flujo de Trabajo Metodológico.....	102
Requisitos para el Software.....	21	Mapas de Amenaza Volcánica de El Salvador.....	104
Problemas y Dificultades.....	21	Valores PIB.....	106
Acceso Futuro a los Resultados CARA-GIS.....	21	Acrónimos.....	106
<b>Datos Básicos</b> .....	<b>23</b>	Fuentes de Datos.....	107
Áreas Administrativas, Supra-Regional.....	24	Instituciones Nacionales.....	108
Uso de Suelo: Ejemplo El Salvador.....	26	Instituciones Supra-Regionales.....	109
Uso de Suelo: Ejemplo Guatemala.....	28	Glosario.....	110
Uso de Suelo: Ejemplo Nicaragua.....	30		
Infraestructura (Red Vial), Supra-Regional.....	32		
Topografía / Elevación, Supra-Regional.....	34		
Demografía, Supra-Regional.....	36		
Clasificación Económica, Supra-Regional.....	38		
<b>Amenaza / Susceptibilidad</b> .....	<b>41</b>		
Amenaza Sísmica, Supra-Regional.....	42		
Amenaza Volcánica (Caída de Ceniza): Ejemplo El Salvador.....	44		
Amenaza Volcánica (Lahares): Ejemplo Guatemala.....	46		
Amenaza Volcánica (Caída de Ceniza): Ejemplo Nicaragua.....	48		
Susceptibilidad por Deslizamientos, Supra-Regional.....	50		
Amenaza por Inundaciones: Ejemplos El Salvador, Guatemala, Nicaragua.....	52		
Distribución Espacial de las Amenazas, Supra-Regional.....	56		
<b>Vulnerabilidad / Capacidad</b> .....	<b>59</b>		
Densidad Poblacional Modificada, Supra-Regional.....	60		
Potencial Económico, Supra-Regional.....	62		
Capacidad del Sistema de Salud: Ejemplo El Salvador.....	64		



## Antecedentes

El huracán 'Mitch' que azotó Centroamérica en octubre de 1998 fue uno de los más fuertes, mortales y destructivos de los huracanes del Atlántico que la zona ha experimentado. Las pérdidas humanas y económicas causadas por este acontecimiento fueron enormes. Fallecieron más de 11 000 personas y se estima que la pérdida económica producida por la destrucción de la infraestructura, viviendas y cosechas asciende a aproximadamente cinco mil millones de dólares americanos en total. Las pérdidas tangibles y no tangibles fueron en su mayoría ocasionadas por las inundaciones y los flujos de lodo, como el caso que se dio a lo largo de la ladera del volcán Casita en Nicaragua ([http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane\\_Mitch](http://en.wikipedia.org/wiki/Hurricane_Mitch)).

La devastación causada por el huracán 'Mitch' llamó la atención internacional al problema de la vulnerabilidad social ante los desastres naturales (hidrometeorológico y/o geológico) en esta región.

Después de este evento sin precedentes y los dos terremotos del 2001 ocurridos en El Salvador, el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo (BMZ, por sus siglas en alemán) en representación del Gobierno Federal de Alemania encargó al Instituto Federal de Geociencias y Recursos Naturales (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, BGR, por sus siglas en alemán) la implementación de un proyecto conjunto de cooperación técnica denominado 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica'. Este proyecto ha estado trabajando desde el año 2002 con la colaboración de las autoridades gubernamentales de El Salvador (SNET) y Nicaragua (INETER) y, se expandió geográfica e institucionalmente a los países de Guatemala (INSIVUMEH) y Honduras (COPECO) a partir de 2005.

La meta principal del proyecto, en común acuerdo con las instituciones asociadas, es diseñar e implementar un 'Sistema de Información sobre Geo-Riesgos' ('Georisk-Information System', GRIS, por sus siglas en inglés) supra-regional para la recolección, manejo y evaluación de la información relevante sobre la línea base, amenazas y vulnerabilidad para evaluar y mapear los riesgos y hacer posible que las instituciones públicas pongan los resultados a disponibilidad de todos.

En particular, durante el período comprendido entre junio del 2009 y junio del 2010, los socios del proyecto lograron materializar las metodologías prácticas de evaluación de riesgos, adaptadas al contexto y la necesidad de Centroamérica. Enfocándose en los riesgos geológicos que resultan de las erupciones volcánicas, deslizamientos, terremotos e inundaciones, las instituciones gubernamentales mencionadas anteriormente y el BGR establecieron las actividades del proyecto para elaborar y examinar los procedimientos comprensibles de análisis de geo-riesgos, basándose exclusivamente en los datos básicos, de amenazas y de vulnerabilidad disponibles oficialmente.

Han transcurrido casi 12 años desde la devastación de la región por el huracán 'Mitch' y otros numerosos acontecimientos desastrosos ocurrieron en los últimos años (p.ej. inundaciones/deslizamientos: Honduras 2008 y El Salvador 2009). Sin embargo, no se ha finalizado todavía el proceso de análisis de riesgos y su incorporación en las actividades para la reducción de riesgos de desastres. Todo lo contrario, esto sigue siendo un reto permanente para las autoridades de los gobiernos nacionales y las autoridades intergubernamentales de la misma manera en Centroamérica – ahora y en el futuro.

La compilación de este manual, en un período sumamente corto de tiempo, fue solamente posible mediante la incorporación de las lecciones basadas en las experiencias exhaustivas de las actividades comparables de cooperación técnica del BGR, especialmente del proyecto de cooperación indonesio-alemán 'Mitigation of Georisks' (<http://www.georisk-project.org/>) llevado a cabo entre el 2003 y el 2009. En completa conformidad con los socios, BGR persigue la estrategia para establecer pautas comparativas en el mapeo de riesgos, de manera independiente de cualquier país. Por este motivo, la estructura de este documento es similar a la del 'Guidebook for Assessing the Risk to Natural Hazards - Case study: Province of Central Java' (PROJECT MITIGATION OF GEORISKS IN INDONESIA, 2009).

## Evaluación y Mapeo de Riesgos

La evaluación de riesgos es el paso inicial más relevante que tienen los planificadores y quienes toman decisiones para el desarrollo e implementación de estrategias para la reducción de los riesgos de desastres, adopción de políticas sostenibles y definición de medidas para reducir la exposición a riesgos. En el contexto del ciclo de Gestión del Riesgo de Desastres (véase la figura abajo), la evaluación de riesgos es parte del área de pre-desastre (prevención y mitigación), cuyo objetivo es el de mitigar el impacto de desastres potenciales y estar adecuadamente preparados en caso de un evento de amenaza inminente.



Se puede definir brevemente la evaluación de riesgos como ‘una metodología para determinar la naturaleza y el alcance de los riesgos mediante el análisis de amenazas potenciales y, la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que presenta un peligro o daño potencial a las personas, propiedades, modo de ganarse la vida y el entorno del cual las personas dependen’ (UNDP [PNUD], 2004).

En lo que se refiere a esta definición, la implementación práctica de la evaluación de riesgos efectuada en este proyecto/documento abarca los siguientes pasos principales:

1. **Datos Básicos:** Comprende la adquisición y preparación de la información respecto a las entidades administrativas, uso de suelo, topografía, demografía y otros datos socioeconómicos.
2. **Datos de Amenaza/Susceptibilidad:** Comprende la adquisición y preparación de la información respecto a las ocurrencias espaciales, intensidad (magnitud) y las dimensiones de tiempo de las amenazas. El resultado de esta evaluación es un mapa que muestra las zonas de amenazas. En cambio, los denominados mapas de susceptibilidad se refieren solamente al lugar donde pueden potencialmente ocurrir los acontecimientos amenazantes, es decir, sin ninguna información sobre la dimensión de tiempo (probabilidad).
3. **Datos de Vulnerabilidad y Capacidad:** Se busca la respuesta a la pregunta ¿quién y qué está en peligro? La vulnerabilidad puede referirse a los elementos específicos que están en riesgo como la población, la infraestructura o el potencial económico de una región. La capacidad define cómo una sociedad está preparada (organizada) a resistir el impacto de un desastre natural. Esto puede, por ejemplo, referirse a la cobertura de las facilidades de atención a la salud en una región o el porcentaje de las edificaciones que cumplen las normativas de diseño para los terremotos.
4. **Exposición y Riesgo:** La exposición se define como un parámetro de vulnerabilidad, es decir, la población es afectada por cierta amenaza o una combinación de amenazas. En formato cartográfico, esto es mostrado por la sobreposición cruzada de amenaza(s) con la vulnerabilidad (mapa). En esta etapa, finaliza el aporte técnico. Todas las demás etapas de evaluación de riesgos que siguen tienen que ver con la toma de decisiones por parte de las autoridades gubernamentales a cargo. Se debe estimar y determinar qué nivel de riesgo es aceptable para cierta región o qué tipo de mapa de riesgo (exposición) es el más adecuado para considerar el futuro desarrollo del área.

5. **Implementación de los Resultados:** Los riesgos identificados a través de la evaluación pueden ser mitigados posteriormente, elaborando los escenarios y tomando las medidas apropiadas. Por lo tanto, esto se puede lograr, ajustando el plan de desarrollo espacial de una región o implementando medidas para incrementar la capacidad de la sociedad para enfrentarlo.

## Propósito del mapeo de riesgos a nivel nacional / supra-regional en Centroamérica

Comparado con los niveles administrativos subnacionales (Departamento/Municipio), en donde la mitigación de riesgos de desastres usualmente conlleva la regulación del uso de suelo, la aplicación de normas de construcción o medidas explícitas de edificación y construcción (p.ej. reforzamiento de techos para que resista mejor a la caída de ceniza volcánica), el mapeo de riesgos a nivel nacional y supra-regional se realiza a una escala mucho más amplia.

En Centroamérica, los propósitos principales del mapeo de riesgos a nivel nacional son:

- Identificar las áreas prioritarias a nivel nacional donde se necesita la atención y concentración especial de las entidades públicas para mitigar el riesgo causado por las amenazas naturales;
- Asegurar la comparabilidad de la evaluación de la exposición a riesgos en todo el país a fin de facilitar una asistencia política y financiera, justa y equilibrada, a las regiones necesitadas; esto es particularmente importante para la asignación del presupuesto gubernamental a la Gestión del Riesgo de Desastres y las contramedidas de mitigación;
- Elevar la conciencia/percepción de la población y los diseñadores de políticas en lo que se refiere a las amenazas a las cuales se encuentran expuestos en todo el país;
- Identificar las regiones que presentan amenazas donde la cooperación interlocal en gestión de desastres a nivel subnacional/nacional es logística y económicamente racional.

En Centroamérica, los propósitos principales del mapeo de riesgos a nivel supra-regional (transnacional) son:

- Fortalecer el proceso de integración centroamericana, elevando la conciencia/percepción de la población y los diseñadores de políticas en lo que se refiere a las amenazas a las cuales se encuentran expuestos y que se ocasionan sobrepasando los límites nacionales, así como apoyar la implementación de estrategias y políticas como parte de la Gestión del Riesgo de Desastres en el contexto supra-regional;
- Identificar las regiones transfronterizas que presentan amenazas y donde la cooperación transnacional en la Gestión del Riesgo de Desastres es logística y económicamente prudencial;
- Asegurar la comparabilidad de los resultados del análisis de la exposición a riesgos de acuerdo al contexto centroamericano y las necesidades entre los países vecinos a fin de hacer más eficiente el apoyo para las decisiones políticas y financieras a las regiones necesitadas por parte de las instituciones políticas transnacionales, especialmente del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), con su órgano el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC, <http://www.sica.int/cepredenac/>); esto es particularmente importante para la asignación transfronteriza de presupuestos para las medidas de mitigación de desastres.

## Realización de Planificación Territorial Sensible a Riesgos

Otro propósito de establecer un procedimiento de mapeo de riesgos estándar y operacional está enfocado, en hacer que la planificación territorial y uso de suelo sean sensibles a riesgos. Una planificación territorial sensible a riesgos incorpora la evaluación de riesgos en el proceso estándar de planificación. Esto significa que la planificación de uso de suelo que busca mitigar los riesgos requiere la información básica que sea científicamente válida para evitar interpretaciones equivocadas y resultados/desarrollos indeseados. Por lo tanto, para hacer uso de las herramientas de planificación y técnicas de reducción de riesgos, es vital evaluar los parámetros que tienen algún efecto sobre los riesgos, tales como, identificación de amenaza(s), vulnerabilidad y estimación de la pérdida potencial. El presente manual identifica una manera de cómo organizar esto.

Se debe entender el desarrollo sostenible, el uso de suelo y la reducción de los riesgos de desastres como una unidad lógica. La planificación de uso de suelo que integra los riesgos de desastres puede ser definida como una medida para alcanzar el fin en la reducción de la vulnerabilidad y los riesgos potenciales del futuro (pérdidas tangibles y no tangibles) y, por ende, fortalecer la resistencia de la región o de uno o varios países vecinos. En este contexto, la planificación de uso de suelo sensible a riesgos está dirigida a, entre otros:

- **Identificación y mitigación de las posibles causas de riesgos de desastres que surgen del uso de suelo actual:**
  - *Nivel local/regional*  
*Ejemplo:* Desarrollo incontrolable de áreas de asentamiento fuera de las zonas designadas para la construcción, p.ej. en zonas propensas a deslizamientos;
  - *Nivel nacional/sub-nacional*  
*Ejemplo:* Falta de planificación estratégica respecto a las medidas críticas de importancia nacional para las infraestructuras, p.ej. construcción de plantas eléctricas geotérmicas en zonas expuestas a amenaza sísmica;
  - *Nivel supra-regional*  
*Ejemplo:* Falta de planificación estratégica respecto a las medidas críticas para la infraestructura de importancia transnacional, p.ej. construcción de rutas troncales de tránsito en áreas propensas a la caída de ceniza volcánica.
- **Reducción y adaptación de la vulnerabilidad existente de los elementos en riesgo:**
  - *Nivel local/regional*  
*Ejemplo:* Asignación de áreas de alta densidad de población y otras infraestructuras críticas (p.ej. escuelas y hospitales) fuera de las áreas propensas a la inundación;
  - *Nivel nacional/sub-nacional*  
*Ejemplo:* Asignación de áreas para la construcción de las infraestructuras críticas de importancia nacional (p.ej. aeropuertos) fuera de las áreas propensas a la inundación;
  - *Nivel supra-regional*  
*Ejemplo:* Asignación de áreas para la construcción de las infraestructuras críticas de importancia transnacional (p.ej. cables de transmisión eléctrica) exclusivamente fuera de áreas propensas a deslizamientos.
- **Modificación de fuentes de amenaza:**
  - *Nivel local/regional*  
*Ejemplo:* Prevención (prohibición) de deforestación de las laderas que aumenta la susceptibilidad por deslizamientos con el fin de asignar la tierra para la construcción de viviendas;
  - *Nivel nacional/sub-nacional*  
*Ejemplo:* Evasión de normas fluviales sobre los ríos a escala nacional que aumenta la susceptibilidad de un área a inundaciones exclusivamente dentro de las fronteras de un país;
  - *Nivel supra-regional*  
*Ejemplo:* Evasión de normas fluviales sobre los ríos de escala supra-regional que aumenta la susceptibilidad del terreno a inundaciones traspasando las fronteras de los países.

Con respecto a las pérdidas en constante aumento causadas por las amenazas naturales, la única dirección estratégica es la institucionalización de la reducción de riesgos de desastres en los programas ordinarios de planificación de uso de suelo llevados a cabo por las autoridades nacionales de todos los niveles administrativos y, por último, pero no menos importante, por las entidades corporativas supra-regionales. Solamente una metodología tan integrante garantiza que la reducción de riesgos de desastres sea parte de los objetivos generales a largo plazo del desarrollo de una nación.

## Grupo Destinatario

Este manual está dirigida a las autoridades gubernamentales e intergubernamentales en Centroamérica comprometidas a desarrollar pautas nacionales prácticas sobre cómo realizar el trabajo multifacético de evaluar los riesgos frente a las amenazas naturales. El manual ayudará a comprender los pasos prácticos necesarios para el mapeo de riesgos de desastres, tanto nacional como supra-regional. Desde el punto de vista nacional, la metodología aplicada y las fuentes compiladas de información pueden fácilmente proyectarse a otras entidades administrativas subnacionales. Por tal razón, el manual pretende también motivar a mapear riesgos a nivel subnacional y complementar los resultados existentes de mapeo de riesgos con los temas que surgieron recientemente (p.ej. población expuesta a áreas susceptibles por sequía en el contexto de adaptación al cambio climático).

Además, este documento será presentado para discusiones entre organizaciones gubernamentales y no gubernamentales (ONG's) involucradas en el contexto de buena gobernanza y/o en la incorporación de los principios de desarrollo sostenible en las políticas y agendas.

En último lugar, pero no por ello menos importante, este manual pretende llamar mayor atención de la población centroamericana, a las amenazas y riesgos geológicos a los cuales la misma está expuesta.

Este documento frecuentemente hace referencia al uso del Sistema de Información Geográfica (SIG; GIS, por sus siglas en inglés) digital. En el capítulo *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17ss, se mencionará este tema enfocándose en el contexto del proyecto en principio.

## Marco Conceptual

Este manual se basa en las siguientes premisas conceptuales:

- **¿No existen datos? Hay suficientes datos disponibles!** La premisa clave es que las agencias gubernamentales de los países involucrados ya brindan una cantidad exhaustiva de datos temáticos para deducir la información esencial sobre la exposición a las amenazas naturales. Aunque esta información no siempre refleja la situación más reciente, particularmente cuando se trata de los datos de una amenaza/susceptibilidad específica, los datos son autorizados por las agencias gubernamentales apoderadas, por lo que representan fuentes oficiales.
- **¡Sencillez resulta!** Métodos simples de análisis de riesgos facilitará la aceptación e implementación de un nuevo estándar conceptual regional! La evaluación de amenazas y riesgos puede alcanzar cualquier nivel de sofisticación. Ejemplos en todo el mundo han demostrado experiencias variadas en examinar los riesgos ante las geo-amenazas. No obstante, debido a que éstas son a menudo demasiadas ambiciosas y, por lo tanto, difíciles de entender, el concepto del manual no sigue los ejemplos abstractos y académicos del análisis de riesgos. La metodología aplicada para Centroamérica no pretende ser la 'quintaesencia', sin ningún espacio para discusiones. La filosofía del proyecto, que se buscó alcanzar en el mapeo de riesgos en todos los países involucrados, fue el establecimiento de un flujo de trabajo pragmático y rastreado basado en un modelo de datos de herramienta de mapeo de riesgos organizado rigurosamente (página 17ss).
- **¡Aprender haciendo!** El mapeo de riesgos en Centroamérica consiste de varios pasos intermedios con respecto a la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgos. Aunque existe una experiencia sólida en el mapeo de riesgos, el interpretar los resultados y los efectos imprevistos en los mismos es todavía un reto. Además, el aprender haciendo facilita el reconocer los requisitos mínimos necesarios para aclarar este asunto de manera realista, tanto en el contexto nacional como el supra-regional.

## ¿Cómo leer este Manual?

El manual está estructurado en secciones (capítulos) que comienzan con una corta introducción a la temática. Cada sección consiste de un juego de mapas que representan los conjuntos de datos individuales y los pasos para el proceso de evaluación de riesgos. En la página izquierda, se describe el contenido de los mapas y la metodología aplicada para su compilación, siguiendo el mismo conjunto de títulos para cada uno de los mapas:

- **Contenidos/Característica del Mapa:** proporciona una descripción corta sobre los aspectos generales que presenta el mapa y caracteriza su nivel como 'nacional' o 'supra-regional';
- **Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres:** explica por qué los datos presentados son relevantes para la Gestión del Riesgo de Desastres en el contexto nacional/supra-regional;
- **Fuente y Disponibilidad de Datos:** describe dónde se pueden obtener los datos, cuáles son los costos que se debe anticipar si los hubiera, y otros aspectos concernientes a la disponibilidad de los datos. En algunos casos, se incluyen también las fuentes alternativas de datos;
- **Comentarios:** contiene información adicional para los usuarios, como la escala del mapa, referencias o cualquier otra información relevante;
- **Metodología:** proporciona una perspectiva general sobre cómo los conjuntos de datos fueron producidos o procesados antes de visualizarlos en el mapa;
- **Cómo leer este Mapa:** proporciona más detalles sobre cómo interpretar el mapa y cuáles son las conclusiones que se pueden sacar del mismo. Puede ser que se faciliten tanto las tablas adicionales como una explicación más detallada de la leyenda;
- **Recomendaciones:** se refieren a las lecciones aprendidas durante el proceso de adquisición, preparación y visualización de los datos. Se hacen sugerencias respecto a los mandatos, papeles y estándares que ayudarán a mejorar la eficiencia de la evaluación de riesgos de desastres.

¡El manual no pretende ser exhaustivo en ilustrar todos los mapas de riesgos de un país específico, y/o supra-regionales, que son teóricamente posibles! Tomando en cuenta el rendimiento de la herramienta de mapeo de riesgos para procesar el conjunto de datos temáticos actualmente disponible, el número de los resultados del mapeo de riesgos parece casi inmanejable.

Por esa razón, una selección de mapas nacionales y supra-regionales que representan los escenarios de riesgos típicos en Centroamérica es presentada como un ejemplo. Utilizando la herramienta de mapeo de riesgos altamente flexibles (véase el capítulo *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17ss), el crear y compilar posteriormente un juego de mapas adicionales de riesgo en base a sus propias necesidades está a decisión de las autoridades responsables de los respectivos países.

En el *anexo* en la página 102 se muestra el flujo principal de trabajo del procedimiento aplicado de evaluación de riesgos mediante CARA-GIS.

Con el fin de evitar cualquier violación de derechos de reproducción del mapa de un país específico, el diseño de impresión de los mapas presentados en este manual fue trazado independientemente del diseño de cualquier mapa nacional y, deliberadamente, no tiene ningún logotipo de las instituciones.

Las referencias de páginas para cada uno de los mapas y los temas tratados facilita la navegación confortable por el libro. En la página 110ss se adjunta un glosario de la terminología sobre la evaluación de riesgos utilizada en este manual.

Los resultados alfanuméricos de evaluación de riesgos visualizados en los mapas en el capítulo *'Exposición a los Riesgos'* es completamente accesible en los programas de la base de datos para más referencia (véase el capítulo *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17ss). Estas tablas incluyen cifras absolutas de cada uno de los riesgos para todos los Municipios de un país seleccionado.

En el contexto de los procedimientos de mapeo de riesgos, a como se discute en este libro, las frases *'Centroamérica'* o *'países centroamericanos'* están limitadas a El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua (en orden alfabético).

## Nota Aclaratoria

Debido a la naturaleza y la escala de los mapas nacionales y supra-regionales de referencia publicados en este manual, la información que se extrae del mismo no puede ser considerada como una base de planificación para sitios o edificios/instalaciones individuales. Por tal razón, cada uno de los mapas de este manual lleva un aviso abajo indicado (solo en inglés):

*'Este mapa fue compilado de varias fuentes. El uso de la información de este mapa está bajo el riesgo del usuario. Este mapa es parte del 'Manual para la Evaluación de la Exposición al Riesgo frente a Amenazas Naturales en Centroamérica' y no debe ser utilizado sin las notas explicativas que lo acompaña. Las autoridades gubernamentales de los países participantes en el proyecto y Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe no otorgan garantía en cuanto a la calidad o la precisión de la información proporcionada, ni acepta ninguna responsabilidad respecto a pérdidas, daños, lesiones u otras incidencias, independientemente de cómo han sido causados.'*

## Geo-Amenazas y Geo-Riesgos en Centroamérica

### Resumen General

#### Población y Vulnerabilidad

Centroamérica, situada entre el Océano Pacífico y el Mar Caribe, es un istmo angosto escasamente poblado (71 habitantes/km<sup>2</sup>) que conecta América del Norte con América del Sur. La población centroamericana (42 millones de personas) se concentra, en gran parte, cerca de la costa del Pacífico, debido a las condiciones climáticas y el acceso logístico históricamente más fácil a la costa del Pacífico. Por lo tanto, la vulnerabilidad ante las amenazas naturales, en general, es también mucho más alta en esta parte de la región. La vulnerabilidad en Centroamérica es generalmente alta debido al subdesarrollo de la región en donde la carencia de recursos y capacidades a menudo impide la implementación de medidas para la evaluación de amenazas y la reducción de riesgos de desastres.

Muchos tipos de amenazas naturales se presentan en la región, las cuales a menudo ocurren simultáneamente. Según el Banco Mundial (WORLD BANK, 2005), los países centroamericanos están entre los países con la mortalidad más alta debido a las múltiples amenazas (véase la tabla abajo).

1 Bangladesh	12 Costa Rica	<i>Países con relativamente alto riesgo de mortalidad por múltiples amenazas (los 35 principales en base a población)</i> <i>fuelle: WORLD BANK [BANCO MUNDIAL] (2005)</i>
2 Nepal	13 Trinidad y Tobago	
3 República Dominicana	15 Antigua y Barbuda	
5 Haití	16 Dominica	
6 Taiwan, China	<b>17 Nicaragua</b>	
<b>8 El Salvador</b>	19 Cuba	
<b>9 Honduras</b>	26 Ecuador	
<b>10 Guatemala</b>		

#### Geología y características morfotectónicas

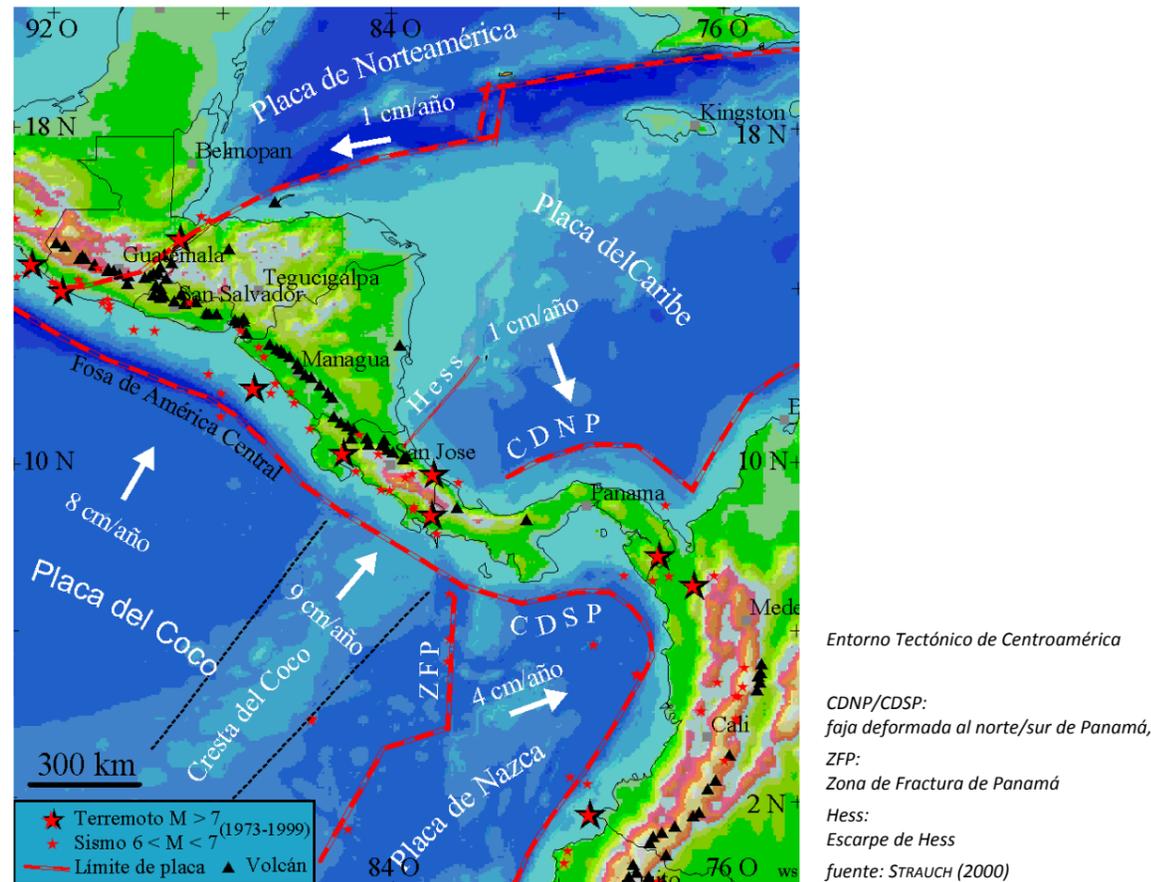
WEYL (1980) dividió el istmo centroamericano en dos mayores unidades, la región del norte integrada por Guatemala, Honduras, El Salvador, y norte de Nicaragua, y la región que se extiende de la parte sur de Nicaragua a Panamá. La región del norte está constituida por una corteza de estilo continental con rocas metamórficas paleozoicas aún más viejas. Las rocas se encuentran cubiertas de sedimentos paleozoicos superiores, mesozoicos y terciarios, los cuales sufrieron deformación a mediados de la era Pérmica y finales de la Cretácica. Durante el Terciario, el norte de Centroamérica experimentó un vulcanismo continental violento. La región del sur, en contraste, consiste de la corteza cretácica tipo oceánico con sedimentos marinos gruesos y rocas volcánicas que fueron depositadas durante el Terciario.

Las sierras al norte de Centroamérica forman un arco desde el sur de México, Guatemala, Honduras y norte de Nicaragua, hasta la costa del Caribe. Estas sierras son formadas por un número de cadenas sub-paralelas, las cuales están compuestas, de sur a norte, de sedimentos paleozoicos a mesozoicos de rocas de bajo grado metamórfico y rocas de alto grado metamórfico y rocas anatexíticas con intrusión de granitoides y calizas pérmicas y cretácicas plegadas y afectadas por fallas inversas. Las cadenas son separadas una de la otra por fallas y grábenos. Las cadenas volcánicas y la meseta terciaria se encuentran en una gran parte de Honduras, Nicaragua y El Salvador, así como en suroeste (SO) de Guatemala. Las sierras del sur de Centroamérica comienzan en la costa del Pacífico de Nicaragua y se extiende a través de la mayor parte de Costa Rica y Panamá, hasta la frontera colombiana. Estas sierras difieren de aquellas en el norte de Centroamérica, las cuales carecen de rocas metamórficas cristalinas y caracterizadas, estructuralmente, por el plegado y fallamiento suave. Una característica importante de la región es la cadena de volcanes cuaternarios, que es aproximadamente paralela a la costa del Pacífico y se extiende de la frontera Guatemala-México hacia el sur de Costa Rica, terminando en Panamá. Los volcanes se ubican en un valle mayor, conocido como la depresión nicaragüense, y éste se extiende a través del Golfo de Fonseca hacia El Salvador.

Las llanuras costeras dominan tanto los litorales del Pacífico como los del Caribe en el norte de Centroamérica y se encuentran también en Costa Rica y Panamá, principalmente en el lado del Caribe (WEYL, 1980; BOMMER & RODRIGUEZ, 2002). En contraste con la angosta llanura costera del Pacífico con ríos cortos que drenan la cadena volcánica, la costa del Caribe presenta tierras bajas amplias y extendidas drenadas por un sistema fluvial amplio y extendido que llega al Mar Caribe (Marshall, 2007).

## Entorno tectónico

Centroamérica es parte de la faja Circumpacífica de terremotos y actividades volcánicas conocidas como el 'Cinturón de Fuego'. Los terremotos más grandes de la región son causados por la convergencia de las placas Coco y Caribe en la Fosa Centroamericana situada en el Océano Pacífico (véase la figura abajo), que está ocurriendo aproximadamente a 8 cm/año (DEMETS ET AL., 1994). El mecanismo motriz de los movimientos de las placas tectónicas en la superficie de la tierra es la convección térmica conducida en el manto de la tierra que genera la fuente energética principal de los terremotos, los procesos volcánicos, los tsunamis, e - indirectamente - los deslizamientos en Centroamérica. En el mapa, los epicentros de los terremotos importantes se demuestran con las estrellas y los sitios de volcanes activos se indican con los pequeños triángulos negros.



La placa Coco choca contra la placa Caribe en sentido noreste (NE) y desciende en un ángulo de cerca de 80 grados (Nicaragua) debajo del margen pacífico de la placa Caribe. En donde la placa Coco se dobla, se forma un interfaz de contacto friccional entre las dos placas, lo que puede provocar terremotos que alcanzan las magnitudes de hasta  $M_L = 8$  en la escala de Richter.

La subducción oblicua a una alta velocidad de convergencia a lo largo de una gran parte de la Fosa Centroamericana resulta en un movimiento de la región anterior del arco volcánico en el sentido noroeste (NO) paralelo a la fosa, el cual se acomoda por las fallas y los sismos con desplazamiento lateral derecho a lo largo del arco volcánico centroamericano (DEMETS ET AL., 1994). Por consiguiente, un 'bookshelf faulting' en fallas de desgarre sinistral con rumbo al noreste (NE) es inducido en la cadena volcánica, de modo que contribuye seriamente al peligro sísmico en esta zona. La migración hacia la fosa del arco volcánico desde el Mioceno y la reactivación de las fallas miocenas con rumbo al noreste (NE) pudo haber provocado el desarrollo de este sistema de fallas perpendiculares al arco volcánico y la fosa (LAFEMINA ET AL., 2002).

Excediendo profundidades de más de 120 km, el material de la placa subducida de Coco se deshidrata y da lugar a la fusión parcial del manto superior generado por las altas temperaturas y presiones. Debido al contraste de la densidad con el manto circundante, el magma generado se levanta casi verticalmente y penetra la placa Caribe a lo largo de una faja fina,

causando así, erupciones volcánicas y formando la cadena volcánica en el margen del Pacífico de Centroamérica. Como resultado, estas erupciones volcánicas violentas presentan peligros mortales en áreas extensas.

## Condiciones oceanográficas y climáticas

La región centroamericana es tropical, con una temperatura media a nivel del mar que no cae por debajo de 19°C y con variaciones anuales mínimas de temperatura. La región entera experimenta una estación lluviosa con la precipitación máxima en junio y septiembre, la cual corresponde generalmente del 15 al 20 % de los totales anuales. La estación seca es mucho más intensa en el Pacífico que en el Caribe. Los totales anuales de precipitación disminuyen generalmente de sur a norte, alcanzando 4000 mm en la frontera Panamá-Colombia y reduciéndose a menos de la mitad de dicha cantidad en el norte de Guatemala (BOMMER & RODRIGUEZ, 2002). La costa del Caribe y las faldas orientales de las áreas montañosas reciben dos veces más precipitación anual que las faldas a lo largo de la costa del Pacífico y de las montañas occidentales. La costa del Pacífico es relativamente seca, en parte debido a la presencia del aire estable frío producido por las corrientes oceánicas frías que inhiben la absorción de mucho vapor de agua, reduciendo de esta manera la precipitación. Por contraste, vientos predominantes del este, transportan una gran cantidad de humedad absorbida del agua cálida del mar Caribe. La condensación y la precipitación ocurren cuando el aire húmedo asciende impulsado por el viento y cae sobre las altas pendientes de Centroamérica. La precipitación anual media a lo largo de la costa de la Mosquitia de Nicaragua alcanza hasta 6000 mm (BUNDSCHUH ET AL., 2007).

Las condiciones meteorológicas en Centroamérica son influenciadas en gran parte por el contenido de la energía termal del Océano Pacífico y el Océano Atlántico/Mar Caribe. Las variaciones de la temperatura de ambos océanos controlan las ocurrencias diversas de los fenómenos conocidos como 'El Niño' y 'La Niña' y también provocan huracanes, inundaciones y sequías. La fuerte radiación solar de la zona climática tropical proporciona la energía adicional para los fenómenos meteorológicos peligrosos de corto plazo cuando las severas lluvias locales o tormentas eléctricas provocan deslizamientos e inundaciones instantáneas.

Los fenómenos meteorológicos e hidrológicos en combinación con el terreno escarpado, debido a los procesos geológicos, determinan y provocan una variedad de acontecimientos peligrosos como deslizamientos, lahares e inundaciones. La dirección y velocidad del viento también influyen el impacto de estos fenómenos peligrosos adversos en la distribución de las cenizas y los gases volcánicos.

## Tipos de Amenaza

### Amenaza y riesgo sísmico

Debido a su entorno sismotectónico y especialmente a su proximidad a los límites de las placas convergentes, Centroamérica se caracteriza por su alta sismicidad. La mayoría de los terremotos centroamericanos ocurren a lo largo de la zona de subducción submarina y dentro de la cadena volcánica terrestre. Otra área importante con actividad sísmica significativa es la zona Motagua-Polochic afectada por un sistema de fallas de desgarre con movimiento sinistral en el flanco noroeste (NO) de la región que corre a través de Guatemala desde la zona de fractura de Swan en el Mar Caribe y marca el límite entre las placas Caribe y Norteamericana. Además, otra área de actividad sísmica es la zona de fractura de Panamá en el margen sudeste (SE) de la región que actúa como el límite entre las placas de Coco y Nazca (véase la figura al lado izquierdo).

Varios estudios de amenaza sísmica en Centroamérica fueron realizados en las últimas décadas. El último estudio RESIS-II (véase la sección *Amenaza Sísmica, Supra-regional*, página 42) combina la definición de las áreas de fuente sísmica basada en el conocimiento de los sistemas sismotectónicos y de fallas, con los resultados de los estudios de la atenuación de ondas y la compilación de los catálogos sísmicos regionales (BENITO ET AL., 2008).

La mera comparación visual del mapa de amenaza sísmica (página 42) con el de la densidad poblacional (páginas 36 y 60) destaca que, en general, las áreas de alta amenaza sísmica coinciden con la existencia de una densidad poblacional más alta en la parte del Pacífico de Centroamérica. Por lo tanto, la amenaza y la vulnerabilidad se combinan y producen un nivel de riesgo elevado en esta área.

Los terremotos en la zona de la subducción en Centroamérica pueden alcanzar magnitudes de hasta  $M = 8$  en la escala de Richter y pueden afectar áreas extensas con, relativamente altas aceleraciones de suelo. Sin embargo, las áreas epicéntricas con la aceleración máxima se sitúan, por supuesto, en el Océano Pacífico. Los acontecimientos sísmicos en la cadena volcánica se limitan generalmente a las magnitudes de hasta 6.5 pero, debido a sus pocas profundidades focales y la coincidencia con las áreas de más alta densidad poblacional, estos presentan un alto peligro sísmico a lo largo de la cadena volcánica. Todas las capitales, de Guatemala, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, se sitúan a lo largo de la cadena

volcánica y tienen por lo tanto un riesgo muy alto de terremoto (véase la página 82). Una situación especial es la falla de Motagua-Polochic, ya que puede provocar terremotos de magnitudes de hasta 8 y cruzar la masa de tierra, de tal modo que puede pasar por muchas áreas urbanizadas.

El terremoto más destructivo en la historia centroamericana ocurrió en 1976 en Guatemala, cuando la falla de Motagua-Polochic causó un terremoto con una magnitud de  $M_s = 7.5$ . Este terremoto cobró más de 22.700 vidas, muchas debido a los deslizamientos provocados, pero la mayoría debido al derrumbe de las estructuras inadecuadas (principalmente estructuras de adobe y taquezal) en las zonas rurales. La consecuencia fue un daño estimado de US\$ 1.1 mil millones que representaba alrededor del 18 % del producto nacional bruto del país en ese tiempo.



Fotografía aérea oblicua, tomada poco después del terremoto de Managua de 1972

fuente: Colección KARL V. STEINBRUGGE, Universidad de California, Berkeley

Managua, la capital de Nicaragua, fue destruida dos veces por terremotos. En 1931, un terremoto con una magnitud de  $M = 5.6$  devastó el centro de la ciudad y fallecieron cerca de 2000 personas. Otro terremoto azotó Managua en 1972, arrasó el centro de la ciudad y mató a cerca de 10 000 personas. En ambos casos, el alto número de víctimas, resultó de las estructuras pobres y vulnerables de las edificaciones (estilo adobe y taquezal), las cuales se derrumbaron durante la sacudida relativamente moderada y corta. Sin embargo, en 1972 algunos edificios modernos construidos con concreto reforzado tampoco pudieron soportar la sacudida y sufrieron destrucciones mortales debido a la construcción inapropiada.

San Salvador, la capital de El Salvador, recientemente sufrió tres eventos sísmicos grandes comenzando en 1986, cuando un terremoto de poca profundidad de magnitud  $M_w = 5.7$  causó destrucciones extensas y deslizamientos cobrando hasta 1500 vidas. Dos terremotos más, el 13 de enero del 2001 ( $M_w = 7.7$ ) y 13 de febrero del 2001 ( $M_w = 6.7$ ) azotaron El Salvador, causando la muerte de más de 1000 víctimas. Mientras que los terremotos causaron relativamente pocos daños estructurales en San Salvador, una devastación extensa ocurrió en las zonas rurales del país, principalmente en las áreas en donde las estructuras predominantes de adobe y taquezal, coincidieron con los efectos de alta amplificación del suelo. Los terremotos también provocaron una gran cantidad de deslizamientos, de los cuales el más significativo fue el de Las Colinas en Santa Tecla, San Salvador, que destruyó varias cuadras de un área residencial y provocó la muerte a cerca de 500 personas. De hecho, la mayoría de las víctimas de estos terremotos fueron causadas por la actividad de deslizamientos sísmicamente impulsados, lo que destaca la importancia de esta amenaza colateral en regiones de geología susceptible y vulnerabilidad social.

En Honduras, considerado por algunos como el 'país sin terremotos', se sintió el terremoto de magnitud  $M = 7.3$  en todo el país el 29 de mayo del 2009. Este sismo, con su epicentro en el Mar Caribe (aproximadamente 30 kilómetros al norte de la isla de Roatán), provocó solamente un pequeño daño en la isla rocosa, mientras que las áreas extensas alrededor de las ciudades importantes de San Pedro Sula y EL Progreso sufrieron grandes destrucciones (p.ej. puentes de concreto y edificios recientemente construidos) debido a los fenómenos locales de amplificación y licuefacción del suelo. El puerto de Puerto Cortés, el centro más importante de importación y exportación para Honduras, Nicaragua y Guatemala fue azotado, no solamente por el temblor principal, sino también por las replicas que alcanzaron magnitudes  $M = 6$  y fueron localizadas

mucho más cercanas al área dañada que el evento principal, días y semanas después del mismo. Así fue también en el caso del área de Olanchito, aproximadamente a 150 km de la zona de falla del temblor principal en donde las casas residenciales de estilo adobe fueron dañadas severamente días después del terremoto principal por la actividad sísmica secundaria local con eventos de magnitudes mayores a 5.

La investigación de la influencia de la amplificación local del suelo a la amenaza sísmica global se inició en Centroamérica a finales de los años 90 con las investigaciones en algunas de las ciudades más grandes (LINDHOLM ET AL., 2007).

Un estudio exhaustivo sobre la valoración de riesgos sísmicos, incluyendo la estimación de las amenazas sísmicas (aceleración pico del suelo; pga, por sus siglas en inglés) y la amplificación del suelo en base a los perfiles de la velocidad sísmica y las mediciones del ruido sísmico, y la aplicación de las funciones de vulnerabilidad para diferente tipos de construcción fue conducido en 2005 para Managua (REINOSO ET AL., 2005), la cual en realidad puede ser la única ciudad grande en Centroamérica que dispone de un mapa detallado de riesgo en base al SIG, incluyendo un índice de vulnerabilidad para cada edificio en la ciudad. El mapa y los informes correspondientes están disponibles en la Web (<http://www.ineter.gob.ni/geofisica/proyectos/vulsismana/index.html>).

La prevención de desastres sísmicos incluye el mapeo de amenazas, la valoración de la vulnerabilidad y la planificación del uso preventivo del suelo para evitar la construcción en suelos inadecuados, medidas legales como normas de construcción y su aplicación, educación de la población en prácticas adecuadas de construcción, entre otros. En las últimas décadas, se llevaron a cabo en los países centroamericanos programas para crear mapas de amenazas, se utilizaron los datos generados mediante los sistemas de vigilancia sísmica para producir los mapas de sismicidad, se realizaron estudios de microzonificación sísmica y se ejecutaron los programas para la información y la educación del público.

El buen diseño, las buenas prácticas de construcción y los estándares de cumplimiento sobre los diseños sismorresistentes contribuyen a reducir la vulnerabilidad estructural a los terremotos. Algunos esfuerzos importantes fueron llevados a cabo en Centroamérica para las capitales de sus países. Se elaboraron las normas de construcción que reflejan el conocimiento adquirido durante las últimas décadas. El uso de la arquitectura de adobe y taquezal disminuyó, irónicamente en gran parte debido a las destrucciones por los terremotos locales recientes. Sin embargo, este tipo de construcción es todavía utilizado en muchas ciudades más pequeñas y áreas rurales - posiblemente los futuros sitios de las grandes catástrofes, si no se hace nada para reducir esta vulnerabilidad.

### Amenaza y riesgo volcánico

Veintisiete ubicaciones volcánicas - stratovolcanes, calderas silíceas, conos de ceniza, volcanes complejos, y varios campos volcánicos de trasarco - han demostrado actividad histórica en Centroamérica que es una de las regiones volcánicas más activas de la tierra. Además, existen docenas de centros volcánicos que pueden reactivarse en el futuro. La actividad volcánica oscila de la extrusión silenciosa de lavas basálticas a las erupciones explosivas grandes (Alvarado et al., 2007; Van Wyk de Vries et al., 2007).

Comparando los centros volcánicos presentados en la figura arriba con la distribución de la población, es obvio que muchos puntos conflictivos demográficos se ubican cerca de las zonas volcánicas activas incluyendo hasta asentamientos al flanco de los volcanes activos. En total, más de 20 millones de personas en Centroamérica, que corresponden a alrededor del 50 % de la población total, viven a una distancia de solamente 30 km de los centros volcánicos activos (PALMA ET AL., 2009).

Actualmente, las amenazas volcánicas más frecuentes que ocurren en Centroamérica son: lahares, erupciones strombolianas y vulcanianas, flujos de lava, y emisiones de gas. Todos los datos de la erupción abajo mencionados fueron tomados del Programa Global de Vulcanismo (Global Volcanism Program, GVP) de la institución Smithsonian.

La erupción más fuerte en la historia centroamericana ocurrió en 1902 en el volcán Santa María de Guatemala. La erupción tuvo un 'Índice de Explosividad Volcánica' (IEV; VEI, por sus siglas en inglés) = 6 y fallecieron por lo menos 5000 personas. En 1929, un colapso del domo con un relativamente bajo VEI = 3 en el volcán Santiaguito, en la vecindad inmediata de Santa María, mató a 200-5000 personas. Como la segunda erupción más fuerte (VEI = 5), está incluida la erupción de 1831 del volcán Cosigüina en el noroeste (NO) de Nicaragua en la cual fallecieron alrededor de 600 personas.



Erupción del volcán Cerro Negro, Nicaragua, 1992  
fuente: W. Strauch

Se han realizado nuevas investigaciones multidisciplinarias para mejorar el registro de las erupciones volcánicas del pasado, incluyendo el mapeo de campo y marítimo y determinación más profunda del período de las erupciones grandes. Los estudios arqueológicos y geológicos presentaron evidencias de las erupciones muy fuertes de algunos centros volcánicos recientemente inactivos ubicados en la vecindad de las grandes ciudades. Los ejemplos son las erupciones siguientes: Caldera de Ilopango (401 d. C., VEI = 6 +, 20 km de San Salvador), caldera de Masaya (150 d. C., VEI = 5 +, 20 km de Managua) y volcán Apoyeque (50 a. C., VEI = 6. 8 km de Managua).

En base a los estudios geológicos y vulcanológicos se afirma que las erupciones freatomagmáticas y plinianas de alta magnitud, como la de las erupciones cataclísmicas, pueden ocurrir en el futuro cerca de los centros de población de Centroamérica. Un ejemplo vivido es de la región densamente poblada de Managua, en donde se concentran, aproximadamente, dos millones de personas (cerca del 40 % de la población de Nicaragua).

Durante la década pasada se realizaron estudios intensivos de campo en el área metropolitana de Managua que permitió las nuevas compilaciones de la distribución del espesor acumulativo de los depósitos de cenizas provenientes de las erupciones, altamente explosivas, que afectaron la región. Durante los últimos 10 000 años, siete erupciones de alta magnitud cubrieron el área de la ciudad con cenizas de 1-4 m de espesor en total, con un período medio de recurrencia de 1400 años y el riesgo más alto en el sector noroeste de la ciudad. En tal escenario, las extensas áreas pobladas en la parte occidental y central de Nicaragua pueden, potencialmente, sufrir un derrumbe extenso de edificios durante una futura erupción pliniana.

Las erupciones que producen flujos piroclásticos como aquellas que formaron la toba de Masaya y la mayor parte de las cenizas de Xiloá, pueden hasta tener un potencial destructivo mucho mayor que cause la devastación completa de áreas extensas. El complejo volcánico de Chiltepe parece ser el sitio más probable de una futura erupción altamente explosiva, considerando su historial de la alta frecuencia de erupción (FREUNDT ET AL., 2006a).

No obstante, aún las pequeñas erupciones pueden causar grandes desastres. En San Salvador y Managua existen en sus áreas urbanas, centros volcánicos activos e inactivos. La densidad poblacional está aumentando rápidamente en los flancos del volcán Boquerón en San Salvador (última actividad en 1917 con flujos de lava, VEI = 3). En cambio, las áreas residenciales densamente pobladas en la periferia occidental de Managua rodean los pequeños centros volcánicos tipo 'maar' creados por intensas explosiones freatomagmáticas. No se puede descartar la posibilidad de que los eventos volcánicos, comparativamente pequeños pero explosivos, ocurran en el futuro en esta área y pongan en peligro las vidas de mucha gente.

Normalmente, no se espera que las construcciones existentes en Centroamérica soporten los efectos de los depósitos de las cenizas volcánicas de más de cinco centímetros de espesor sobre sus techos. Generalmente, la mejor estrategia para hacer frente al impacto de la actividad volcánica intensa o duradera es la evacuación de la población. Las erupciones volcánicas grandes a menudo tienen precedentes y pueden desarrollarse dentro de unos días o semanas. En tales casos, los sistemas de monitoreo y alerta temprana son necesarios para advertir a la población y organizar la evacuación oportuna.

Las medidas de evacuación han sido tomadas en algunas ocasiones, por parte de las autoridades de la defensa civil en varios países centroamericanos involucrando a miles de personas (p.ej. erupción del volcán Cerro Negro, Nicaragua, 1992; erupción del volcán Santa Ana, El Salvador, 2007).

Se conocen ejemplos de evacuaciones exitosas en la escala de diez mil a cientos de miles de personas de otras partes del mundo (el volcán Pinatubo, Filipinas, 1991, 60 000 personas fueron evacuadas; la caldera de Rabaul, Papúa Nueva Guinea, 1994, la ciudad completa de Rabaul fue evacuada) y puede ser necesaria en algún punto en el futuro también en Centroamérica (datos de la institución Smithsonian, <http://www.si.edu/>).

La prevención de desastres en los volcanes incluye el mapeo de amenazas, planificación del uso de suelo para prevenir la construcción dentro de las zonas propensas a las amenazas volcánicas, monitoreo y alerta temprana. En estas últimas décadas, se ejecutaron varios proyectos y programas en Centroamérica para generar los mapas de amenazas para los volcanes más importantes, se establecieron sistemas de monitoreo en los lugares volcánicos más activos y se llevaron a cabo los programas de sensibilización y educación de la población.

### Amenaza y riesgo por tsunami

Centroamérica tiene una larga historia de afectación por tsunami. El catálogo de tsunami para la región entera enumera 50 eventos que se registraron desde el siglo XVI en el litoral del Pacífico y el Caribe.

En 1992, el tsunami más desastroso ocurrió en la Costa del Pacífico de Nicaragua. Ondas hasta 10 m de altura azotaron las playas y causaron la destrucción extensa y la muerte de muchas personas. Los tsunamis conocidos de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua están incluidos en la tabla a continuación.

La razón principal de tsunamis desastrosos en Centroamérica son los terremotos locales de alta magnitud, los cuales ocurren a poca profundidad en la zona de subducción del Océano Pacífico y provocan una dislocación vertical repentina de enormes cantidades de agua. Las alturas de las ondas generadas en mar abierto oscilan de decímetros a metros, mientras que en las playas afectadas las ondas pueden alcanzar alturas de hasta 30 m.

La velocidad de un tsunami depende de la raíz cuadrada de la profundidad del agua. Como las áreas de estante de Guatemala, El Salvador y Nicaragua son relativamente amplias y las profundidades del agua son menores, los tsunamis se propagan a velocidades bastante lentas y hay un considerable atraso de tiempo entre la ocurrencia del terremoto y la llegada de la onda a la costa. En el caso del terremoto que provocó el tsunami de 1992 en Nicaragua, se observaron retrasos de tiempo de 30 a 60 minutos. Este lapso de tiempo es importante ya que permite una eficiente alerta temprana de tsunami. Para la ciudad de La Unión, un puerto importante en el Golfo de Fonseca, este retraso es de hasta más de dos horas, dado que la profundidad del agua en el golfo es de menos de 30 metros.

Año	Fecha (Mes/Día)	Región	Magnitud del Terremoto Causante	Ubicación
2009	05/29	C	7.3	Guatemala, terremoto al norte de Roatán
2001	01/13	P	7.6	El Salvador
1992	09/01	P	7.2	Nicaragua
1976	02/04	C	7.5	Cortés, Golfo de Honduras
1968	09/25	P	6	México, Guatemala
1960	05/22	C	8.5	La Unión, Bahía de Fonseca, El Salvador
1957	03/10	P	8.1	Acajutla, El Salvador
1956	10/24	P	7.2	San Juan del Sur, Nicaragua
1950	10/05	P	7.9	Costa Rica, Nicaragua, El Salvador
1950	10/23	P	7.3	Guatemala, El Salvador
1926	11/05	P	7	Nicaragua (?)
1920	12/06	P	---	Bahía de Fonseca
1919	06/29	P	6.7	Corinto, Nicaragua
1919	12/12	P	---	El Ostial, Nicaragua
1906	--/--	P	---	El Salvador
1902	01/18	P	6.3	Ocos, Guatemala
1902	02/26	P	7	Guatemala, El Salvador
1902	04/19	P	7.5	Ocos, Guatemala
1859	08/26	P	6.3	Amapala, Bahía de Fonseca, Honduras
1859	12/09	P	7.5	Bahía de Acajutla, El Salvador
1856	08/04	C	7.5	Golfo de Honduras
1855	09/25	C	6.3	Trujillo, Honduras
1844	05/--	P	7.5	Lago de Nicaragua (seiche?)
1825	02/--	C	5.5	Isla de Roatán, Honduras
1539	11/24	C	---	Golfo de Honduras

*Tsunamis al norte de Centroamérica*  
 P: Pacífico  
 C: Caribe  
 fuente: MOLINA (1997); FERNANDEZ ET AL. (2000)

Los estudios geológicos y geofísicos llevados a cabo en estos últimos años a lo largo del litoral del Pacífico de Nicaragua y Costa Rica demostraron que los tsunamis centroamericanos no sólo son provocados por los terremotos a lo largo de los puntos de contacto de la placa tectónica, sino también posiblemente, por los deslizamientos submarinos en las escarpadas fosas marinas (HUENE ET AL., 2004).

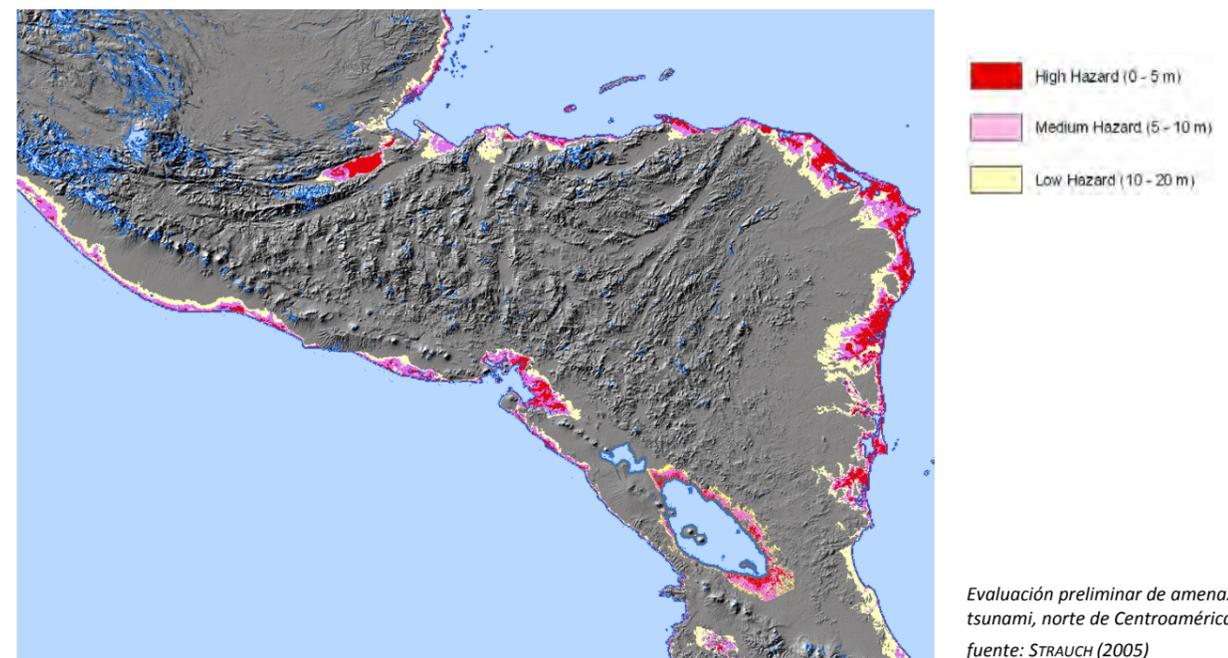
Una situación especial existe en el Golfo de Fonseca, rodeada de volcanes (Cosigüina en Nicaragua, Conchagua en El Salvador) y tiene islas volcánicas. Las explosiones volcánicas inducidas por el contacto del magma con el agua de mar y los deslizamientos voluminosos, así como los colapsos del flanco volcánico y los flujos piroclásticos, pueden también provocar los tsunamis.



Lugar impactado por el tsunami de 1992 a lo largo de la costa del Pacífico nicaragüense  
 fuente: W. Strauch

Existe una evidencia geológica sobre la ocurrencia de un tsunami en el Lago de Managua debido a una explosión volcánica en el complejo volcánico de Chiltepe cerca de Managua (FREUNDT ET AL., 2006b). Se observó un tsunami provocado por un deslizamiento en el Lago Atitlán/Guatemala con ondas de 4 m de alto en octubre del 2005 (GIRÓN & MATÍAS, 2005). Las 'Isletas' cerca de Granada, Nicaragua, una península y centenares de pequeñas islas en el Lago de Nicaragua, son el impresionante resultado de un enorme deslizamiento del flanco del volcán Mombacho.

Una evaluación preliminar de la amenaza por tsunami fue realizado en el 2005, para identificar los sitios con más peligro a lo largo del litoral centroamericano usando el Modelo Digital de Elevación (MDE; DEM, por sus siglas en inglés) y una base de datos global de población (véase el mapa abajo). Las playas en donde se puede llegar a un terreno más alto (más de 10 m sobre el nivel del mar) en unos minutos de caminata fueron clasificadas como zonas de amenaza baja. Se consideraron lugares de alto riesgo de tsunami aquellos en donde las playas son bajas y anchas, los terrenos más altos son remotos y la densidad poblacional es alta. Las ciudades como Corinto en Nicaragua o El Triunfo en El Salvador pueden ser los sitios de los desastres futuros porque los habitantes de estas ciudades viven en unas condiciones topográficas especiales, las cuales no les permite escaparse instantáneamente a un terreno más alto, aún cuando hayan recibido una notificación inmediata del tsunami.



Evaluación preliminar de amenaza de tsunami, norte de Centroamérica  
 fuente: STRAUCH (2005)

Recientemente, hay un aumento en las actividades económicas y la densidad poblacional a lo largo de las costas. Las playas centroamericanas atraen un número cada vez mayor de turistas, lo que causa un mayor riesgo por tsunamis. La prevención de pérdida de propiedades es solamente posible evitando las construcciones en zonas propensas a tsunamis. La pérdida de vidas puede ser minimizada si se implementan los sistemas de alerta temprana.

Todos los países centroamericanos son miembros del 'Sistema de Alerta Temprana de Tsunami del Pacífico'. Sin embargo, este sistema no es eficiente en caso de tsunamis locales generados cerca de la costa de Centroamérica. Hasta ahora, solamente Nicaragua y El Salvador han implementado el sistema nacional de alerta de tsunami. En 1992, un terremoto que ocurrió en alta mar, fuera de la costa nicaragüense, causó ondas de tsunami desproporcionadamente grandes considerando la magnitud de la onda sísmica superficial ( $M_s$ ). No causó ninguna destrucción y se sintió solamente un poco cerca de la costa, pero fue el primer terremoto de tsunami capturado mediante los sismógrafos modernos de banda ancha. El análisis subsecuente de los datos demostró que el terremoto nicaragüense tuvo un proceso de ruptura más lento que los terremotos ordinarios provocados por fallas inversas de la zona de subducción. Por consiguiente, se concluyó que los sistemas de alerta por tsunami deben tener la capacidad de detectar ondas de largo período (más grande que 100 s) (KANAMORI & KIKUCHI, 1993). Por lo tanto, todos los países centroamericanos han actualizado sus redes sísmicas recientemente y utilizan estaciones sísmicas de banda ancha.

En Nicaragua, los mapas de amenaza por tsunami fueron elaborados a escala de 1:50 000 para toda la costa del Pacífico usando las curvas de nivel de 5 y 10 metros de los mapas topográficos. Para las áreas densamente pobladas cerca de Corinto, Puerto Sandino, Masachapa y San Juan del Sur, se llevó a cabo el mapeo de la amenaza por tsunami en base a la simulación numérica de generación, propagación y altura de punto de penetración del tsunami (YAMAZAKI ET AL., 2007). Además, mapas de amenazas de gran escala (escala 1:2000) basados en los DEMs de alta resolución fueron elaborados para las áreas de Masachapa, Tola y Corinto, incluyendo las rutas de evacuación y los puntos de reunión (ACOSTA, 2009).

Para el Golfo de Fonseca (El Salvador, Honduras y Nicaragua), incluyendo las principales islas pobladas, los mapas de amenaza por tsunami en diversas escalas, fueron elaborados con las rutas de evacuación y los puntos de reunión (ACOSTA, 2009; STRAUCH ET AL., 2010).

### Amenaza y riesgo por deslizamiento

Los deslizamientos son caracterizados por los movimientos de rocas sólidas, escombros o el suelo causados por las fuerzas gravitacionales que actúan en la superficie y en el subsuelo de poca profundidad. Los factores desencadenantes pueden ser naturales, tales como, tormentas extremas, períodos prolongados de lluvia y terremotos, o relacionados con la actividad humana como la explotación minera, excavaciones y el uso de explosivos. Dentro de los factores condicionantes que controlan la susceptibilidad a deslizamientos, las propiedades físicas de los materiales relacionado con la litología y/o suelo y las características morfológicas y geométricas de la ladera son fundamentales para la predisposición a la inestabilidad. Otros factores importantes son la estructura geológica y las condiciones hidrogeológicas, entre otros (IGOS, <http://www.igospartners.org/Docs.htm>, 2004).

Los deslizamientos han causado decenas de miles de muertes y miles de millones de dólares en pérdidas en todo el mundo. Centroamérica es una de las áreas mayormente sensible a los movimientos de masa, porque la geomorfología, la geología y el clima hacen que el área sea muy susceptible a los deslizamientos desencadenados por lluvias y sismos. La pobreza rural, la sobrepoblación y la urbanización incontrolada resultan en el establecimiento de asentamientos en las laderas y en las orillas de las quebradas propensas a deslizamientos, lo que crea, más que nunca, una mayor exposición de la población a la amenaza de los deslizamientos inducidos por terremotos y precipitaciones (RODRIGUEZ, 2007).

Un sinnúmero de estudios sobre la amenaza y el riesgo de deslizamiento fueron conducidos después del huracán 'Mitch', especialmente en Honduras y Nicaragua, lo que posibilitó la formación de las bases de datos fundamentadas en el SIG y la elaboración de numerosos mapas de susceptibilidad y amenaza por deslizamientos (véase p.ej. DÉVOLI ET AL., 2007; HARP ET AL., 2002; JICA, 2001).

Sin embargo, no existen bases de datos del inventario de deslizamientos en todos los países y, si acaso existen, son mantenidas por diferentes organizaciones y en diferentes formatos de base de datos.

Los países y las regiones morfoestructurales de Centroamérica se caracterizan por los diferentes tipos de movimientos de masa y los mecanismos que los provocan, debido a las diferencias morfológicas, geológicas y climáticas que prevalecen. Las investigaciones recientes, basadas en una base de datos integral de deslizamientos han demostrado que la alta amenaza por deslizamientos inducidos por terremotos existe solamente en Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Panamá (BOMMER & RODRIGUEZ, 2002). En cambio, Nicaragua y Honduras parecen ser afectados principalmente por deslizamientos inducidos por las precipitaciones; sin embargo, se complicó el análisis por la falta de estudios de deslizamientos en Honduras (RODRIGUEZ, 2007).

De hecho, investigaciones recientes acerca de la ocurrencia de deslizamientos en Nicaragua, parecen respaldar esta conclusión. La información espacial y temporal de cerca de 17 000 deslizamientos que afectaron a Nicaragua entre 1970 y 2003 fue analizada, aunque como el 62 % del número total fue provocado por la precipitación fuerte del huracán 'Mitch' en octubre de 1998, obviamente la base de datos está muy parcializada hacia los deslizamientos inducidos por la precipitación. Se demostró que, los flujos de detritos de poca profundidad han constituido el tipo de movimientos de masa más común representando el 66 % del total de deslizamientos registrados en Nicaragua, los deslizamientos representan el 24 % y la caída de rocas cerca del 6 %. La precipitación intensa y prolongada, a menudo asociada con los ciclones tropicales, y la actividad sísmica y volcánica, son los que provocan los deslizamientos de mayor importancia, ascendiendo a alrededor del 62 % de los acontecimientos. En cambio, los deslizamientos provocados por terremotos corresponden al 29 % y los inducidos por la actividad volcánica al 7 % (DEVOLI ET AL., 2008).

También, se analizaron estadísticamente la influencia de la topografía (elevación, ángulo de la pendiente, aspecto de la pendiente) y los parámetros litológicos para la predicción del alcance máximo de los diferentes tipos de deslizamientos (DEVOLI ET AL., 2008). Los resultados demostraron que los flujos y las avalanchas de detritos que afectan los flancos de los volcanes tienen la movilidad máxima y alcanzan distancias más largas comparadas con otros tipos de deslizamientos en la región (DEVOLI ET AL., 2007). Generalmente, su altura, los flancos escarpados y la debilidad inherente de la litología/de los materiales del suelo hacen que, los movimientos de masa en las pendientes volcánicas, sean más mortales que en otros entornos geológicos - incluso sin la presencia de la actividad volcánica. Por ejemplo, cerca de 1300 personas murieron cuando el lago del cráter del volcán Agua de Guatemala, se drenó en 1541 (FELDMAN, 1993). En 1570, una avalancha de escombros en el volcán Mombacho, Nicaragua, mató a 400 personas (FELDMAN, 1993). En el 2005, un flujo de detritos en Panabaj, Guatemala mató a más de 500 personas durante el huracán 'Stan' (CONNOR ET AL., 2006). El evento más catastrófico ocurrió en el volcán Casita, Nicaragua, el 30 de octubre de 1998. En este incidente, la avalancha y el flujo de detritos fueron provocados por la precipitación severa asociada con el huracán 'Mitch' y mataron a más de 2000 habitantes de dos comunidades (SCOTT, 2004; DÉVOLI, 2009).



Deslizamiento en El Suptal/Honduras, 11/2008  
fuente: KUHN ET AL. (2009)

Aunque la probabilidad de huracanes y lluvias intensas es mucho mayor en la costa del Caribe de Centroamérica, la probabilidad de deslizamientos es, más bien, pequeña debido a la baja topografía. En cambio, los terrenos ásperos y los flancos bruscos de las montañas centrales y a lo largo de la cadena volcánica en el lado del Pacífico hacen que estas regiones sean más propensas a deslizamientos provocados por precipitaciones. Bajo ciertas circunstancias meteorológicas, un huracán, ubicado en la costa del este, puede inducir una precipitación bastante alta en el lado del Pacífico de la región. Esto sucede cuando la presión baja del huracán puede aspirar una gran cantidad de aire húmedo del Océano Pacífico. Este escenario ocurrió durante el tránsito del desastroso huracán 'Mitch' (categoría 4) en octubre de 1998, el cual causó intensas precipitaciones en el noroeste de Nicaragua, aunque el centro del huracán se localizaba sobre la parte noreste de Honduras. Muchas personas fallecieron en las áreas montañosas y la cadena volcánica de Nicaragua debido a los deslizamientos y las inundaciones. Escenarios similares pueden ser provocados por huracanes más pequeños, a como fue

demostrado por el huracán 'Ida' en noviembre del 2009. El huracán (categoría 1), en su trayectoria dirigida hacia el norte, afectó la costa del Caribe nicaragüense generando daños menores. Aunque, su centro estaba ubicado al norte de Honduras, el 7 de noviembre del 2009 unas lluvias extremadamente fuertes ocurrieron repentinamente en El Salvador y afectó el área entre San Salvador, el Lago Ilopango y el volcán San Vicente. Cerca de 120 personas murieron debido a lahares, deslizamientos e inundaciones (STRAUCH ET AL., 2010).

Asimismo, los acontecimientos meteorológicos más pequeños, tales como tormentas o alteraciones tropicales pueden provocar situaciones desastrosas. Los ejemplos son los deslizamientos en Cerro Musún en la región central de Nicaragua (STRAUCH, 2004). Deslizamientos totalmente inesperados y extensos ocurrieron en los flancos escarpados del macizo Musún y mataron a cerca de 30 personas. Aunque no se había hecho la medición de precipitación, los comentarios de los testigos presenciales de la población local, permiten concluir que la lluvia extraordinaria que duró por varias horas había provocado la tragedia.

Los terremotos provocan, con frecuencia, deslizamientos en Centroamérica (véase p.ej. RODRÍGUEZ, 2007). Se ocasionaron por lo menos 10 000 deslizamientos en 1976 por el terremoto de magnitud  $M = 7.5$  en la falla de Motagua en Guatemala (HARP ET AL., 1981). Asimismo, los dos terremotos que afectaron El Salvador, el 13 de enero del 2001 ( $M_w = 7.7$ ) y el 13 de febrero del 2001 ( $M_w = 6.7$ ), indujeron aceleraciones locales de hasta 0.8 g, provocaron movimientos extensos de las laderas en muchas partes del país. El evento más trágico fue el deslizamiento de Las Colinas en Santa Tecla, San Salvador, que mató a más de 500 personas (EVANS, 2004).

La prevención de desastre por deslizamientos consiste en el mapeo de la susceptibilidad y la amenaza, actualización regular del inventario y la planificación de uso correcto del suelo para evitar la construcción en áreas altamente susceptibles a deslizamientos, así como la alerta temprana local y regional. Se ejecutaron las evaluaciones regionales de amenazas por deslizamiento para Centroamérica, tomando en cuenta los eventos de terremotos y precipitaciones, aplicando la metodología de MORA & VAHRSON (1994). Sin embargo, se confirmó mediante las evaluaciones de los resultados del modelo que el método de MORA-VAHRSON tiende a subestimar la amenaza cuando se aplica a las regiones fuera de Costa Rica (RODRIGUEZ, 2007). Otras metodologías fueron publicadas por NADIM ET AL. (2004), usando una versión simplificada del modelo de MORA-VAHRSON para elaborar el mapa global de amenaza, y por RODRIGUEZ (2007), quien se concentra en deslizamientos inducidos por terremotos.

Recientemente, se llevaron a cabo varios proyectos y programas en Centroamérica para promover las actividades dirigidas a la reducción del riesgo por deslizamientos. El trabajo concerniente a los componentes para el sistema regional de alerta temprana contra los deslizamientos, en base a la valoración de las precipitaciones a través de las imágenes satelitales está en curso (SCHILLINGER ET AL., 2009; STRAUCH, 2010).

## Amenaza y riesgo de inundación

Las lluvias fuertes y las inundaciones son, en gran medida, los eventos más frecuentes de amenaza en Centroamérica y causan pérdidas de vidas y propiedades todos los años. Las causas de las inundaciones en Centroamérica son las siguientes:

- **Ciclones tropicales:**
  - Intensa y abundante lluvia que acompaña a los ciclones tropicales;
  - Marejada ciclónica causada por vientos fuertes que soplan hacia la costa;
  - Diferencia de la presión del aire entre el ciclón y el área circundante, la cual genera grandes olas, que inundan las costas.
- **Tormenta convectiva:**

Este tipo de lluvia o aguacero, comúnmente denominado tromba de agua, cubre áreas entre 5 y 10 km de diámetro, son acompañados de relámpagos, vientos fuertes y granizo, y puede causar inundaciones instantáneas;
- **Granizo:**

Lluvias heladas que caen en forma esférica y cubren las redes de drenaje, lo que impide el flujo del agua en las áreas urbanas;
- **Destrucción de la presa:**

Una falla repentina de los lagos artificiales o naturales puede causar torrentes río abajo sin ninguna alerta previa.

Las inundaciones son los fenómenos naturales que han formado continuamente el paisaje. Sus depósitos sedimentarios aumentan la productividad agrícola. Sin embargo, la inundación puede también inducir enormes daños. Las actividades humanas contribuyen al riesgo por inundación usando la tierra y el drenaje de manera inadecuada.

El desbordamiento de los ríos, la obstrucción y falla de los puentes, caminos y líneas de comunicación son los efectos de la inundación. Además, provoca deslizamientos, deposición de sedimentos, daños directos a los edificios y la infraestructura y daños en la producción agrícola.

Las lluvias torrenciales inesperadas, en los ríos o los barrancos secos, pueden causar la destrucción de casas, la interrupción de servicios básicos y la muerte de las personas. Con frecuencia, estas inundaciones instantáneas transportan los escombros que se suman a las fuerzas destructivas. Las inundaciones en los tramos de los ríos largos en las llanuras de la región del Atlántico, en realidad crecen lentamente, durando horas o días, como en El Rama, en donde los tres ríos que drenan las montañas centrales de Nicaragua fluyen juntos. Allí, el nivel del río puede elevarse a 10 metros o más en de unas horas, causando la inundación de la ciudad vecina. Las tormentas eléctricas tropicales pueden provocar inundaciones instantáneas desastrosas donde el nivel del río aumenta varios metros en 15 minutos, a como ocurrió en noviembre del 2007 en la ciudad de Matagalpa, Nicaragua (STRAUCH ET AL., 2007).



*Esfuerzos de rescate después que una inundación que destruyó un puente, cerca de Siuna, Nicaragua*

*fuente: Defensa Civil Nicaragua, 2008*

Las inundaciones debido a las fuertes precipitaciones ocurren no sólo en la cuenca hidrográfica, sino también en la costa de los lagos y de las entradas de los océanos. Por ejemplo, el nivel de agua del Lago de Managua subió más de 4 metros después del huracán 'Mitch'. Posteriormente, el lago se re-drenó a través del Río Tipitapa al Lago de Nicaragua. La gente que vivía a lo largo de las orillas del Lago de Managua, tuvo que ser evacuada por primera vez en los últimos 50 años. Las precipitaciones extremas durante el huracán 'Mitch' también causaron inundaciones extensas en la costa hondureña del Golfo de Fonseca, p.ej. cerca de la comunidad de Cedeño. Como consecuencia del desastre del 'Mitch', el mapeo de amenaza por inundaciones se intensificó en Centroamérica, especialmente en Honduras (p.ej. JICA, 2001; CHIRICO ET AL., 2009)

Cada uno de los países centroamericanos maneja los sistemas de alerta temprana contra las inundaciones en base a los datos meteorológicos y los caudales del río. La Guía de Inundación Instantánea para Centroamérica (CAFFG, por sus siglas en inglés) apoya las agencias hidrológicas nacionales y utiliza valoraciones, casi en tiempo real, de la intensidad de las precipitaciones usando los datos de los satélites meteorológicos (Hidroestimador, CAFFG, 2009).

## Sistemas de Monitoreo, Recolección de Datos, SIG

Los sistemas de monitoreo son de gran importancia para los estudios de amenazas, la reducción de la vulnerabilidad y la prevención de desastres. En Centroamérica, los sistemas de monitoreo de los fenómenos geológicos e hidrometeorológicos son desarrollados y mantenidos por las instituciones gubernamentales y las universidades.

En Guatemala, el Instituto Sismológico, Vulcanológico, Meteorológico e Hidrológico (INSIVUMEH/Ciudad de Guatemala; compuesto por cerca de 60 personas) y que pertenece al Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda, es responsable de los estudios científicos y el monitoreo de los fenómenos naturales peligrosos. Además, la Comisión Nacional de Reducción de Desastres (CONRED) participa en los procedimientos de monitoreo, manteniendo un sistema de comunicación extenso, y aporta observaciones de campo desde todas las partes del país. Hasta ahora, solamente algunos datos han sido publicados en la World Wide Web.

En El Salvador, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET/San Salvador; compuesto por cerca de 80 personas, autoridad directa del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) desarrolla y mantiene una red sísmica, el sistema de monitoreo de volcanes y las redes de estaciones meteorológicas e hidrométricas, y realiza observaciones de campo y estudios científicos. La institución es también responsable de alerta de tsunami. La mayoría de las estaciones son telemétricas y se mantiene el intercambio internacional de datos. Los conjuntos de datos resultantes se manejan con los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y los resultados son publicados de manera oportuna en el sitio Web del instituto. Además, los SIG contienen una gran cantidad de información de proyectos y datos obtenidos de los estudios realizados en El Salvador recientemente.

El Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER/Managua; compuesto por cerca de 300 personas) es una institución independiente subordinada solamente a la presidencia y es, con mucho, la institución geocientífica más grande de Centroamérica.

El INETER realiza el monitoreo sísmico, volcánico, meteorológico e hidrológico a través de las numerosas estaciones de campo (la mayoría son telemétricas) y el monitoreo relevante a deslizamientos y tsunamis y es la institución responsable de proporcionar la información oportuna para la alerta temprana. Se mantiene el intercambio internacional de datos. El Departamento de Cartografía del INETER tiene la función del instituto cartográfico en otros países. La institución maneja el SIG en geo-riesgos y la información del monitoreo es publicada, casi en tiempo real, en el página Web de la institución. El SIG contiene una gran cantidad de datos generados o compilados mediante docenas de proyectos recientemente ejecutados en Nicaragua sobre amenazas naturales, vulnerabilidad y riesgos.

En Honduras, no existe una institución centralizada responsable de la investigación y el monitoreo de los fenómenos naturales. La red meteorológica es en parte manejada por el Servicio Meteorológico que pertenece a la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA). Adicionalmente, la Comisión Permanente de Contingencias (COPECO/Tegucigalpa) mantiene una red meteorológica telemétrica para la alerta temprana de inundaciones.

La Empresa Nacional de Energía Eléctrica (ENEE) mantiene algunas estaciones hidrométricas. Además, ENEE mantiene una estación sísmica de corto período y una estación acelerográfica en su central eléctrica El Cajón.

El Departamento de Geofísica de la Universidad de Honduras (UNAH) posee dos estaciones sísmicas, una en su sede en Tegucigalpa y otra en el Cerro El Hule, cerca de Tegucigalpa, pero ambas estaciones no han estado en operación por varios años. La UNAH mantiene también una estación sísmica de banda ancha instalada por el Servicio Geológico de los EE.UU. como parte del Sistema de Alerta de Tsunami del Caribe. La estación transmite sus datos a través de la conexión satelital a las Instituciones Incorporadas de Investigación para la Sismología (IRIS, por sus siglas en inglés)/EE.UU., y ofrece acceso a datos gratis vía Internet. Una red sísmica mínima de 5 estaciones ubicadas en la costa occidental es operada por COPECO, pero la grabación y el procesamiento de datos se ejecuta en INETER, Nicaragua. La SERNA, la ENEE y la UNAH tienen ciertas capacidades del SIG y archivos de datos. Una gran cantidad de datos referentes a las amenazas y los riesgos, algunos hasta al nivel de Municipio, ha sido compilada y almacenada en el SIG por el 'Proyecto Mitigación de Desastres Naturales' (PMDN) que ha estado en operación desde el 2001 con su oficina registrada en la sede de COPECO. Además, está en curso la preparación del SIG regional en geo-riesgos.

En los años recientes, un gran número de proyectos fueron financiados y ejecutados en la región por los bancos internacionales de desarrollo y las agencias de asistencia, beneficiando a docenas de Municipios. La información existente fue compilada a fin de crear mapas y planes utilizables para planificar el uso de suelo tomando en cuenta el aspecto de prevención de desastres.

En Nicaragua un proyecto fue conducido por el Instituto de la Vivienda Urbana y Rural (INVUR) y el INETER para proporcionar las evaluaciones de las amenazas naturales a los proyectos locales de construcción de viviendas en más de 90 sitios por todo el país, los cuales beneficiaron alrededor de 7000 familias.

## Cooperación Regional e Internacional

El Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales (CEPRENAC) coordina los esfuerzos de los países centroamericanos en el campo de prevención y mitigación de desastres.

La cooperación regional en el campo de hidrología, incluyendo los aspectos de prevención de desastres, es coordinada por el Comité Regional de Recursos Hidráulicos (CRRH).

El Salvador, Guatemala, Honduras, y Nicaragua se adhieren al Sistema de Alarma de Tsunami del Pacífico (SATP) y se incorporan en la creación del Sistema de Alerta de Tsunami del Caribe emergente. El intercambio activo de datos sísmicos en tiempo real entre El Salvador, Honduras, y Nicaragua sirve de respaldo para estos sistemas de alerta. Dichos datos complementan aquellos provenientes de otros países de la región y más distantes. La resultante base de datos ampliada es necesaria para la evaluación apropiada de terremotos fuertes y es indispensable para un sistema confiable de alerta de tsunami.

Los cuatro países también se integran en la Organización Meteorológica Mundial e intercambian datos meteorológicos útiles para la prevención de desastres dentro de esta organización, incluyendo la alerta de huracán.

El Centro Sismológico de América Central (CASC, por sus siglas en inglés) es un centro regional de datos sísmicos que organiza el intercambio de los mismos, fuera de línea entre los centros nacionales a fines. El intercambio de datos on-line para la detección y localización rápida de los acontecimientos sísmicos, es organizado directamente entre las agencias nacionales.



## Eventos de Desastres Naturales (2000 - 2009) utilizando Emergencia (EM) – Base de Datos (DAT)

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra la información acerca de los eventos desastrosos que afectaron a Centroamérica durante el período comprendido entre el 2000-2009 y, se limita a las principales catástrofes tipo terremoto, inundación, movimiento de masa (seco y húmedo) y, erupciones volcánicas así registradas únicamente en la Emergencia (EM) – Base de Datos (DAT). El mapa muestra:

- El número de eventos desastrosos por país;
- El número de eventos desastrosos por país especificados para los tipos principales de desastres compatibles con EM-DAT.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

La información acerca de la distribución de los eventos naturales catastróficos (sucesos), su frecuencia y la pérdida tangible y no-tangible es un componente indispensable de cualquier tipo de estrategia de Gestión del Riesgo de Desastres, ya sea a nivel nacional como supra-regional. La información sobre desastres, contribuye extensivamente a mejorar el entendimiento del por qué las regiones están en riesgo y, cuáles son los factores de control (amenaza, vulnerabilidad). Es obvio de que la información sobre el evento de desastre, ejerce una fuerte influencia en el proceso de tomas de decisiones por los responsables de las políticas.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

EM-DAT es provista por el Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres (CRED, por sus siglas en inglés), un centro colaborador de la OMS (WHO) en <http://www.emdat.be/>, patrocinado por la Universidad de Louvain en Bélgica.

Constantemente, esta base de datos envía información global acerca de los eventos de desastre con el fin de apoyar las actividades de la Gestión del Riesgo de Desastres, tanto a nivel nacional como internacional. Esta información es enviada a diferentes fuentes de todo el mundo, *‘tales como las Naciones Unidas, organizaciones no gubernamentales, compañías de seguros, institutos de investigación y agencias de información’* (EM-DAT, 2010).

EM-DAT está basado en un claro esquema de clasificación de evento de desastre y aplica a criterios estrictos para que un ‘desastre’ sea introducido en una base de datos de la siguiente manera (al menos uno de los siguientes criterios debe cumplirse):

- Diez (10) o más personas reportadas muertas;
- Cien (100) o más gente consideradas como afectadas;
- Declaración de estado de emergencia;
- Convocatoria de la ayuda internacional.

### Comentarios

De acuerdo con los criterios usados del esquema de entrada del nivel de desastres EM-DAT, eventos de pérdida menos importantes han sido excluidos de esta base de datos. Se supone, que una porción significativa de la pérdida total de desastre, provocada por los eventos de amenaza local, está oculta. Debido a este escenario, la amenaza nacional y/o la base de datos de eventos definen los niveles más bajos de pérdida, como la EM-DAT que son de mayor importancia en términos de asignación de mapas precisos en caso de desastres con una mayor resolución respecto a la pérdida.

Además, muchos de los conceptos de mapeo de riesgo y amenaza están basados en métodos estadísticos para la localización de amenaza. Los registros de eventos, tales como, deslizamientos, también suministran información acerca del impacto económico y social de los eventos de amenaza y de esta manera pueden ser usados para mayores estimaciones detalladas de riesgo basadas también en el tamaño del evento de amenaza. Como un ejemplo excelente para tal registro, la base de datos de deslizamientos nacional para Nicaragua puede mencionarse aquí (DEVOLI ET AL., 2007).

### Metodología

El Proyecto ‘Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica’ consultó la EM-DAT en marzo del 2010 para crear la llamada ‘lista de desastre’ usando ante todo, los siguientes criterios:

- Ubicación (Región): Centroamérica;
- Período de Ejecución (Período): 2000 - 2009;
- Grupo de Desastre: Natural.

La lista resultante de desastres contiene 219 eventos que consisten de diez diferentes tipos de desastres principales EM-DAT, distribuidos sobre ocho países de Centroamérica. Debido a los otros limitantes de los cuatro países del proyecto y los cinco tipos principales de desastres de los sub-grupos de desastres hidrológicos y geofísicos (véase la tabla), el número de eventos desastrosos ha sido re-evaluado nuevamente. Finalmente, los 52 eventos han sido procesados para emitir, a mano, el mapa de evento de desastre natural.

Grupo Genérico de Desastre	Sub-Grupo de Desastre	Tipo Principal de Desastre
Desastre Natural	Geofísico	Terremoto
		Volcán
		Movimiento de Masa (seco)
	Hidrológico	Inundación
		Movimiento de Masa (húmedo)

### Cómo leer este Mapa

El mapa muestra la información de desastre EM-DAT durante los últimos diez años (período 2000 – 2009) de acuerdo a las limitaciones mencionadas anteriormente. Gráficos de barras representan el número de eventos por tipos principales de desastre por país, mientras que el color de fondo indica el número total de eventos desastrosos por país (clasificado).

Además, el mapa contiene cuadros de información que resumen EM-DAT basados en la pérdida tangible y no-tangible provocados por eventos desastrosos a ser evaluados a como sigue:

- El número de personas muertas;
- El número total de personas afectadas;
- La suma de la pérdida prevista (en millones de dólares americanos) (no determinada para todos los eventos desastrosos).

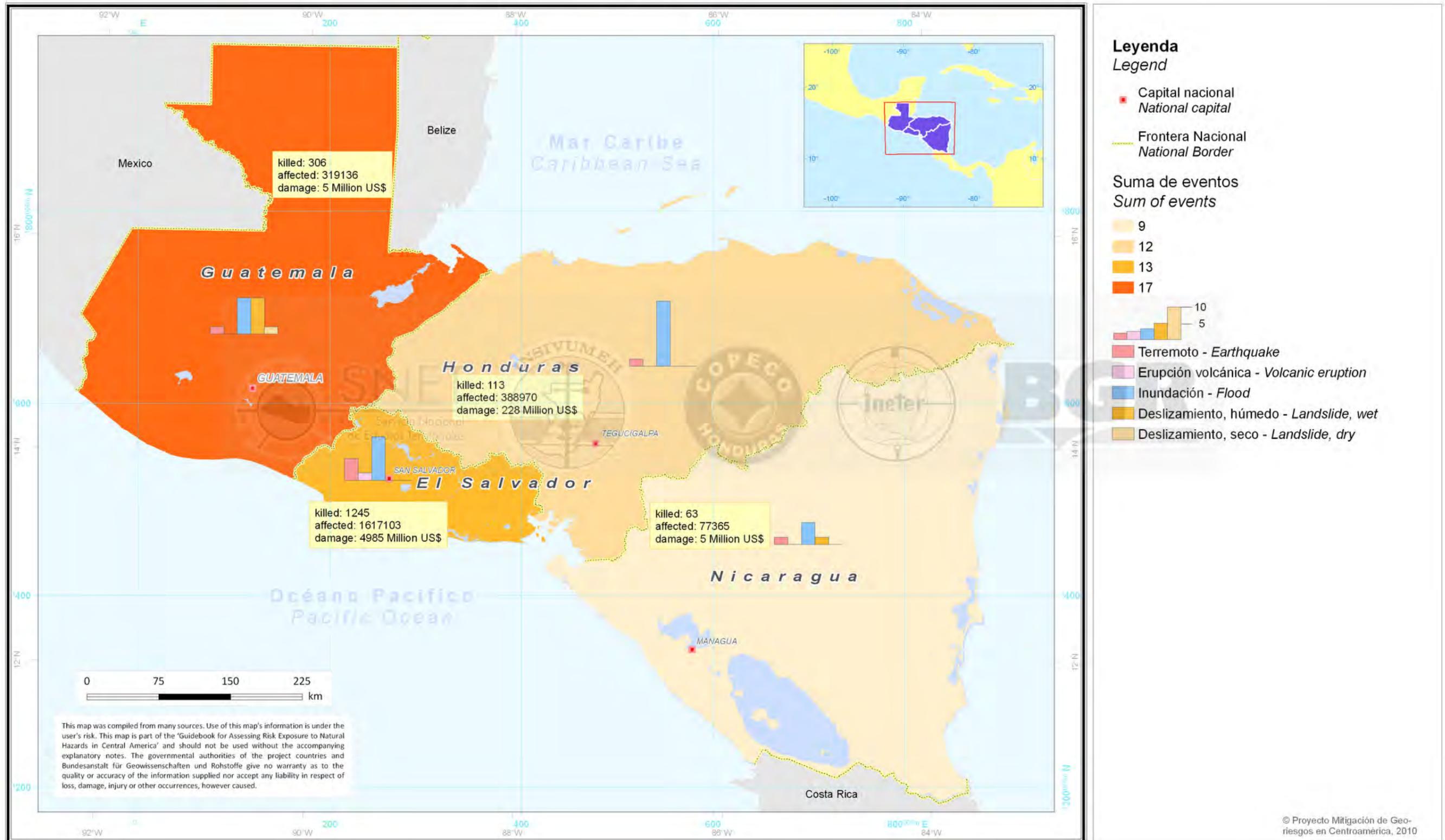
Tomando en cuenta el número de personas totalmente afectadas por estos eventos desastrosos (límite: > 100 000), los terremotos que afectaron El Salvador en enero y febrero del 2001 y la inundación del 2008 en Guatemala y Honduras pueden ser considerados como los desastres más dañinos de la última década.

### Recomendaciones

Actualmente, numerosas instituciones nacionales e internacionales mantienen datos de eventos de desastres a nivel mundial. Desde la perspectiva centroamericana, se recomienda proporcionar información en forma continua, sobre desastres pertinentes para la base de datos de eventos de desastres tales como, la EM-DAT o las de reaseguros que tienen Munich o Suiza. A largo plazo, CEPREDANC deberá hacerle frente en esta tarea. Por el contrario, la base de datos de eventos nacionales amplía la percepción local y puede así apuntalar las actividades de gestión de desastres locales.

## Desastres Naturales (2000-2009)

Natural Disaster Events (2000 - 2009)





## Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS

### Filosofía General

El mapeo de exposición de riesgo para geo-amenazas en Centroamérica dentro del proyecto de cooperación técnica 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica' persigue los siguientes principios generales:

- **Enfoque Holístico:** El diseño conceptual y el desarrollo de una herramienta para el mapeo de riesgo nacional/supra-regional, es una parte integral de las actividades de mapeo de riesgo;
- **Flexibilidad:** La estructura tectónica de Centroamérica es propensa a las geo-amenazas en diferentes magnitudes y tipos. Por esta razón, el mapeo de riesgo nacional y supra-regional tiene que ser comprendido e implementado como un proceso en curso por medio de amenaza diferente o adicional y datos de vulnerabilidad, si estas fueran capaces de, y/o mayor precisión temporal o espacial. Conceptualmente, la herramienta de mapeo de riesgo tiene que cumplir exhaustivamente esta demanda;
- **Creación de la Capacidad y la Sostenibilidad:** El fortalecimiento de las autoridades gubernamentales en las habilidades de mapeo de riesgo es de mayor importancia en cuanto a la incorporación de los resultados de la evaluación en las estrategias de Gestión del Riesgo de Desastres y ofrecer un servicio de asesoramiento adecuado para los responsables de las políticas, tanto en el contexto nacional como supra-regional. Para cumplir con este requisito de forma sostenible, los expertos de todas las autoridades implicadas han sido entrenados de forma global.

### Enfoque Conceptual

El diseño de una herramienta de mapeo de riesgo para Centroamérica llamado 'Central America Risk Analysis Geo-Information-System (CARA-GIS; Sistema de Geo-Información de Análisis de Riesgos de Centroamérica)', para la encuesta sobre el riesgo asociado a las geo-amenazas puede ser logrado, teóricamente, en dos formas diferentes:

- **Opción 1 - 'Solución Central':** El establecimiento de una estructura transnacional servidor-cliente CARA-GIS, que permite el intercambio de datos centrales permanente entre las autoridades que participan y, presentado por una de ellas. Este enfoque podría ser realizado conceptualmente pero, requiere de considerables recursos de hardware de funcionamiento técnico-administrativo;
- **Opción 2 - 'Solución Local':** El establecimiento de cuatro aplicaciones CARA-GIS, propias de cada país, introducidas en las unidades periféricas, y administrada de forma independiente por cada entidad por sí sola. Este enfoque facilita la gestión de datos y el mantenimiento de la herramienta de mapeo de riesgo sujeta a recursos (p.ej. personal) de cada país (autoridad) específico y las prioridades, respectivamente.

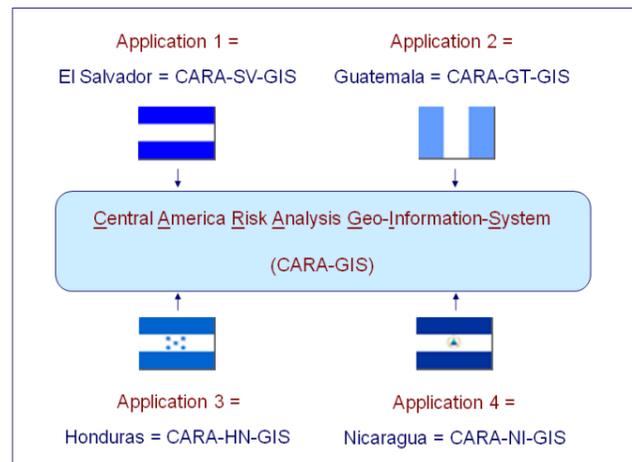
Equilibrando ambas, los intereses comunes y las capacidades de las instituciones participantes, por unanimidad, los socios acordaron llevar a cabo la 'solución local' como el enfoque más pragmático en la actualidad con el fin de seguir funcionando más allá del final del proyecto en el 2010 (véase la figura en la siguiente página).

Consecuentemente, cuatro versiones distintas CARA-GIS de los países específicos han sido diseñados casi idénticamente, a saber (códigos de países usados de acuerdo a ISO-STANDARD 3166-1 (editados: 2010):

- **El Salvador:** CARA-SV-GIS;
- **Guatemala:** CARA-GT-GIS;
- **Honduras:** CARA-HN-GIS;
- **Nicaragua:** CARA-NI-GIS.

Se sugirió que, CARA-GIS se ensanche geográficamente, a todos los otros países de Centroamérica y otros. Aunque, ahora, las diferentes versiones CARA-GIS del país específico existen en paralelo, una evaluación de riesgo supra-regional y la cartografía para Centroamérica ha sido realizada conforme se cumplen las siguientes premisas:

- Uso de métodos/estándares de evaluaciones de amenazas idénticas;
- Uso de métodos/estándares de evaluaciones de riesgo idénticas;
- Uso de datos estructurados idénticamente/arquitectura SIG idéntica;
- Uso de estilos de mapeo idénticos para todos los mapas resultantes.



Panorámica conceptual del CARA-GIS

Sin embargo, tomando en cuenta las experiencias recientes para establecer este manual y, el volumen creciente de la información básica, de amenazas y de vulnerabilidad que están a la vista, será inevitable poner en común las aplicaciones CARA-GIS del país específico, haciendo la prueba futura de evaluación de riesgo nacional y supra-regional. A mediano plazo, los siguientes pasos lógicos podrían ser:

- El establecimiento de un CARA-GIS, incorporando todas las solicitudes específicas de los países existentes y, si se quiere extender a los países que aún no han sido considerados (Costa Rica, Panamá);
- El desarrollo de una solicitud de Web CARA-GIS para difundir los resultados de la amenaza/riesgo públicamente.

## Modelo de Datos / Arquitectura de la SIG y Base de Datos

La implementación técnica del concepto de mapeo de exposición a los riesgos, está basada en un modelo de datos lógicos facilitando un flujo de trabajo de mapeo de riesgo trazable, eficiente y libre de cualquier redundancia de datos. Estrictamente, CARA-GIS separa la información espacial (geometrías) de la descriptiva (atributos). Este procedimiento, principalmente, está dirigido a la utilización de las funcionalidades de consultas, implementado en aplicaciones de bases de datos, que pueden ser ejecutados durante el proceso del mapeo de riesgos, fuera del entorno del SIG. Para la gestión de la información relevante de riesgo y los metadatos correspondientes, CARA-GIS usa un sistema codificado, jerárquicamente estructurado en:

- **Nivel 1:** Códigos de grupos temáticos ('theme group codes');
- **Nivel 2:** Códigos temáticos ('theme codes');
- **Nivel 3:** Códigos de valor SIG ('GIS value codes').

## Códigos del Grupo Temático

Los grupos temáticos representan categorías generales que especifican el contenido temático de los datos. Un código de cuatro dígitos para los grupos temáticos se limita a los valores de hasta mil (1000, 2000, etc.). Con el fin de asegurar un flujo de trabajo exacto, los grupos temáticos definidos y sus códigos correspondientes no deben ser cambiados.

Código del Grupo Temático	Nombre del Grupo Temático
1000	Datos topográficos
2000	Datos hidrológicos
3000	Datos geocientíficos
4000	Datos de uso de suelo
5000	Datos de amenaza volcánica
6000	Datos de amenaza por deslizamientos
7000	Datos de amenaza sísmica
8000	Datos de amenaza por inundaciones
9000	Datos de infraestructura

## Códigos Temáticos

Los códigos temáticos categorizan, sin ambigüedades, un tema por medio de un código de cuatro dígitos dentro de un grupo temático. El código del dígito primero es conforme al código del dígito primero del grupo temático al que pertenece. Los tres dígitos restantes pueden ser asignados sin ninguna restricción.

Código del Grupo Temático	Código Temático
7000 Amenaza sísmica (datos)	7310 Amenaza sísmica (mapa), período de retorno 500 años
	7320 Amenaza sísmica (mapa), período de retorno 1000 años
	7330 ...

## Códigos de Valor SIG

Un código de valor SIG completo está determinado por un código compuesto por siete dígitos, que abarca el código temático de cuatro dígitos, seguido por un valor único de tres dígitos para cada categoría individual subordinada a ellos. Mediante la indexación del 'código de valor SIG' como 'clave principal', las entradas de código de valor múltiple o duplicadas pueden, definitivamente, ser descartadas.

Código Temático	Código de Valor SIG
7310 Amenaza sísmica (mapa), período de retorno 500 años	Zonificación de amenaza sísmica (mapa): clases de valor 'pga'
	7310101: muy baja
	7310102: baja
	7310103: mediana
	7310104: alta
	7310105: muy alta

El sistema de codificación CARA-GIS facilita la incorporación dinámica de la información temática nueva, siempre que sea necesario o, deseado.

*Ejemplo:*

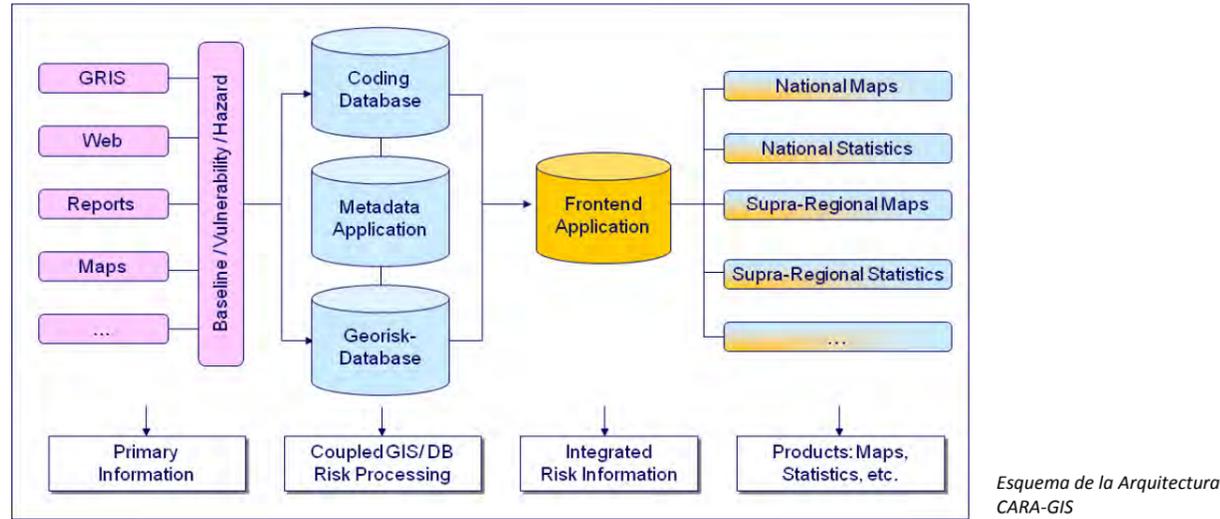
Un mapa de amenaza sísmica actual debe ser sustituido o reemplazado por otro modificado. En tal caso, los códigos temáticos nuevos para las zonas de amenaza sísmica pueden ser asignados dentro del código del grupo temático existente '7000', p.ej. '7410' representa un mapa, ya existente, actualizado de amenaza sísmica de período de retorno 500 años. Al hacerlo, los códigos temáticos 'originales' no se cancelarán. Los nuevos códigos de valor SIG para el código temático '7410' pueden ser añadidos, p.ej. '7410101' podría representarse la zonificación de la amenaza sísmica 'pga'-clase de valor 'bajo'

en el mapa. Este ajuste permite elaborar los escenarios comparables de exposición al riesgo en base a los mapas de amenaza sísmica disponibles.

### Aplicaciones CARA-GIS

CARA-GIS constará, permanentemente, de cuatro componentes de base de datos interrelacionadas que gestionan toda la información del riesgo pertinente y, la información de mapeo a como sigue (véase la figura de abajo):

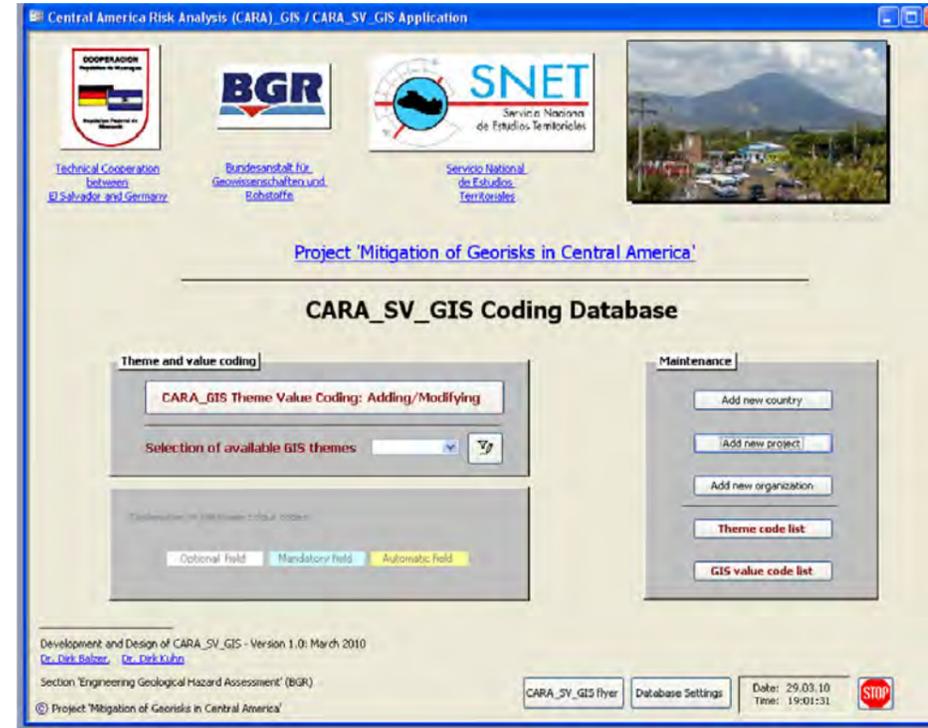
- **Coding Database:** una base de datos relacional que permite el procedimiento de la codificación temática;
- **Personal Geodatabase:** una base de datos que almacena todos los datos espaciales temáticos en un formato estandarizado. Más allá de eso, todos los resultados de la intersección temática en el SIG y la elaboración de consultas relacionales de la exposición al riesgo, también están incorporadas. Este formato es propiedad de ESRI Inc.;
- **Metadata Database:** una base de datos para crear metadatos geo-espaciales de conformidad con ISO Standard 19115 (2003), que describa la información espacial derivada de las anotaciones del código de la citada *coding database*;
- **Frontend Database:** una base de datos relacional (opcional), que proporciona al usuario un acceso optimizado a los códigos importantes relacionados con los datos básicos, vulnerabilidad, amenaza y exposición a riesgos, así como los resultados del mapeo y estadísticas.



### Coding Database

En la *coding database*, ha sido implementado el esquema codificado antes mencionado. Basándose en un riguroso *Modelo de Entidad-Relación (ER)*, el procedimiento de codificación, por sí mismo, puede ser cumplido - sin esfuerzo -, independientemente, fuera del entorno de la *personal geodatabase*.

Todos los pasos de edición están controlados por botones y formas interactivas (véase la figura al lado derecho). Los conjuntos de datos recién calculados (códigos y sus anotaciones) pueden ser aplicados para generar los metadatos SIG, inmediatamente dentro de la aplicación de la *metadata database*. Por lo tanto, la calidad de las anotaciones codificadas ejerce una extraordinaria influencia en la calidad de los metadatos.



Coding Database, ejemplo El Salvador

### Geodatabase

El concepto *personal geodatabase*, como núcleo de CARA-GIS, implica las siguientes ventajas:

- Toda la información espacial del CARA-GIS es almacenada en un contenedor sencillo, que puede ser compartido por diferentes usuarios en forma simple;
- *Feature datasets* y *feature classes* facilitan una estructura temática consistente en información relevante para la evaluación del riesgo como, información espacial básica de amenaza y de vulnerabilidad;
- *Feature classes* proporcionan atributos geométricos (longitud, área) que son de suma importancia para los propósitos del mapeo de riesgo;
- La *personal geodatabase* puede ser aplicada para calcular la exposición al riesgo mediante la fusión de la información espacial y su información de atributo correspondiente usando las consultas estandarizadas SQL de las bases de datos.

La designación de un *feature dataset* de CARA-GIS estandarizado combina el nombre de un grupo temático específico, p.ej. datos de infraestructura y su código de grupo temático correspondiente '9000', que pueden ser llamados 'infraestructura\_9000'.

Dentro de un *feature dataset*, todos los objetos espaciales del CARA-GIS son almacenados en las *feature classes*. La nomenclatura de las *feature classes* temáticos relacionadas también se ha fijado estrictamente utilizando los códigos del grupo temático, p.ej. 'fc\_settlement\_area\_9300' o 'fc\_road\_9400'. Este enfoque permite la subsecuente creación de los metadatos, automáticamente.

Las *feature classes* cierran la brecha entre la información espacial y la información de atributos, incorporando un ítem idéntico ('value code') que está también aplicado a la *coding database*.

Todas las *feature classes* dentro de una CARA-GIS-*geodatabase* específica de un país están caracterizadas por el mismo sistema de coordenadas a como sigue:

País	Proyección & Esferoide	Dato Geodésico
El Salvador	Lambert Conformal Conic, Clarke 1866, Central meridian: 96° W, Standard parallels: 20°N, 60°N, Latitude of origin: 40°N	NAD 1927
Guatemala	UTM Zona 15 Norte	WGS 1984
Honduras	UTM Zona 16 Norte	WGS 1984
Nicaragua	UTM Zona 16 Norte	WGS 1984

Desviado de su nomenclatura, un *feature dataset* adicional, ha sido integrado para administrar las clases de elementos enfocándose exclusivamente en la división administrativa de los países. Dado que las unidades administrativas ‘Departamentos’ (nivel 2) y ‘Municipios’ (nivel 3) ya han sido codificadas, de acuerdo al sistema de codificación respectivo (véase el capítulo sobre *Áreas Administrativas, Supra-Regional*, página 24, y *Demografía, Supra-Regional*, página 36), la designación de estas clases de elementos, se refiere simplemente, a los diferentes niveles administrativos, p.ej. ‘admin\_level\_2’.

Adicionalmente, varias tablas de información (*look-up tables*), han sido integradas en las *personal geodatabase* llevando información básica esencial acerca del surgimiento demográfico, que provienen mayormente, de las fuentes de información externa.

### Metadata Database

Como se describió anteriormente, la aplicación de los metadatos es una base de datos independiente, que conecta las dos bases de datos antes mencionadas. La aplicación solo tiene una forma, en la cual los usuarios simplemente seleccionan las clases de elementos de una lista. Esta, en sí misma, presenta a las clases de elementos disponibles en la *personal geodatabase* actual acabada de discutir. Después de seleccionar un ítem, los datos relacionados de la *coding database* son mostrados y, presionando el botón ‘Create Metadata’, un conjunto de metadatos compatibles ISO es creado dentro de la *personal geodatabase* (véase figura a continuación).



Metadata Database, ejemplo Nicaragua

Además, un *layer file* compatible con ArcGIS será creado y colocado en una carpeta predefinida. Los *layer files* generados mediante la aplicación, ya traen la información de las tablas codificadas unidas a los datos geo-espaciales. Los usuarios deben consultar los manuales ArcGIS con el fin de entender el concepto de los *layer files*. Tanto, las *feature classes* originales como el *layer file* tendrán los metadatos asociados que serán presentados en base a la llamada *stylesheet* (véase figura al lado derecho).

### fc\_pga500\_ca\_7310

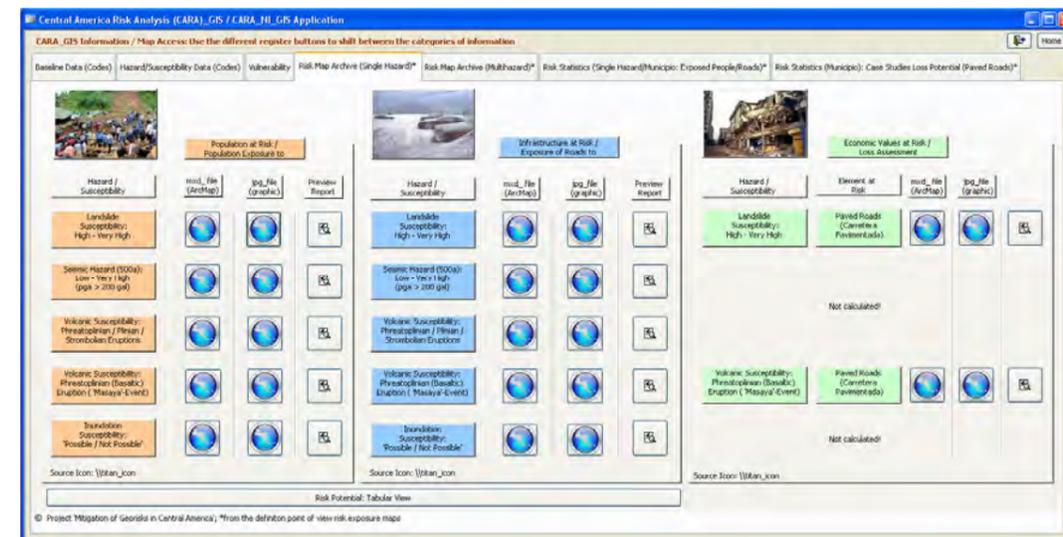
Personal GeoDatabase Feature Class

Description	Spatial	Attributes	CaraGIS
<b>CaraGIS Theme Group Information / Informacion Gruppo</b>			
Theme Group Code: 7000			
Theme Group Description (english): Seismic hazard data			
Theme Group Description (spanish): Amenaza sismica			
<b>CaraGIS Theme Information / Informacion Tema</b>			
Theme Code: 7310			
Feature Type (english): area			
Externally linked: not linked			
Feature Type (spanish): poligono			
Short Description (english): Seismic hazard map for CA/NI (500 a)			
Short Description (spanish): Mapa de amenaza sismica por CA/NI (500 a)			
Long Description (english): Seismic hazard map expressed as Peak Ground Acceleration (PGA/gal) for a return period of 500 a for CA/NI based on RESIS II (2008); Originally classified into eight different subtypes			
Long Description (spanish): Mapa de amenaza sismica expresado como aceleración máxima del suelo (pga/gal) para un periodo de retorno de 500 años para CA/NI, elaborado por proyecto RESIS II (2008), clasificación original en ocho subclases			
<b>caragis Project Information</b>			
Name of the project: RESIS II			
Location of the project: Managua			
Lead Partner: (NORSAR), Kjeller, Norway			
Associated Partner: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Managua, Nicaragua			
<b>CaraGIS Value Coding</b>			
Value Code Field Name and Meaning: value_code, Feature Coding			
Definition Source: caragis / CEPREDENAC / INETER / SNET / BGR			
Value Codes and their description: value: short english / short spanish / long english / long spanish			
7310101: Very low / Muy baja / <= 200 gal / <= 200 gal			
7310102: Low / Baja / > 200 AND <= 300 gal / > 200 AND <= 300 gal			
7310103: Medium (Moderate) / Media / > 300 AND <= 400 gal / > 300 AND <= 400 gal			
7310104: High / Alta / > 400 AND <= 500 gal / > 400 AND <= 500 gal			
7310105: Very high / Muy alta / > 500 gal / > 500 gal			

Representación de los Metadatos

### Frontend Database

La *frontend database*, llamada ‘CARA-GIS Information Center’ (véase la figura a continuación) es una aplicación opcional y, por consiguiente, no necesariamente requerida para la elaboración de los resultados de riesgo. Por otro lado, esta aplicación une la más relevante información de base de datos, amenaza y vulnerabilidad, como los códigos y su explicación, así como también, las estadísticas y mapas (jpg/pdf/bmp-gráficos, archivos mxd) de los escenarios de exposición al riesgo determinados, para convertirla en una aplicación fácil de usar. Debido a la falta de tiempo y al alto costo para diseñar una aplicación *frontend database* sencilla, solamente ha sido desarrollada para Nicaragua una versión de ejemplo, y ya esta lista para ser utilizada. Es necesario hacer lo posible para generar, tan pronto como sea posible, más aplicaciones *fronted database* específicas para cada país.



Frontend Database, ejemplo Nicaragua

## Requisitos para el Software

El procesamiento combinado de información atributiva y espacial con CARA-GIS requiere de un SIG y un poderoso software de base de datos. Mientras que, básicamente, el software *OpenSource* parece ser adecuado para ejecutar también los resultados CARA-GIS, todas las aplicaciones CARA-GIS han sido desarrolladas por ESRI ArcGIS 9.3 y Microsoft Access 2003/2007. Estos paquetes de software y sus predecesores ya han sido utilizados desde el inicio del proyecto.

## Problemas y Dificultades

### Usando Datos Geoespaciales

Cuando se usan los datos espaciales, la precisión geométrica es de mayor importancia. Los datos geográficos digitales han sido producidos en Centroamérica por muchos años. Durante este período de tiempo, el número de instituciones que están creando datos espaciales, ha aumentado continuamente y, la calidad de los datos distribuidos por éstas, varía mucho. Por favor, refiérase a los capítulos individuales en este libro para encontrar información respecto a la calidad y precisión de los datos obtenidos de las diferentes fuentes.

### Discrepancias Geométricas

Cuando se fusionan e interseccionan los datos temáticos de las diferentes instituciones, las discrepancias geométricas casi siempre son inevitables. El problema se presenta debido al uso de sistemas de coordenadas diferentes que casi siempre no están especificadas explícitamente.

### Problema de Escala Cartográfica

Fusionar los datos que surgen de diferentes escalas en un SIG, es tarea sencilla. Sin embargo, deben tomarse en cuenta, que las diferentes escalas tienen diferentes grados de generalización. Esto, usualmente afecta cualquier resultado que involucre datos geoespaciales. Así, un resultado producido no puede ser más preciso que los datos de entrada con la más grande generalización.

### Problemas de Tiempo

El tiempo, que un conjunto específico de datos representa, es un asunto a tener en cuenta, cuando se combinan los datos de diferentes fuentes. Muchos datos no están actualizados, por ello nos vemos obligados a fusionar los datos de diferentes períodos de tiempo. Además, el cambio de la codificación administrativa puede dificultar la combinación de datos, particularmente, entre los datos geográficos y los estadísticos. Mientras, que por un lado, es deseable tener una base de datos actualizada y precisa, por el otro lado es difícil e imposible de alcanzar, en particular en los estudios transfronterizos. En el presente manual, los mapas supra-regionales están basados en los datos que, en la mayoría de los casos no se han recopilado de la misma fuente de datos al mismo tiempo. Por esto, valoramos los beneficios de una evaluación supra-regional mayor, siendo conscientes de las desventajas que proporcionan los datos asincrónicos.

## Acceso Futuro a los Resultados CARA-GIS

Al final del proyecto, las autoridades encargadas ya mencionadas, utilizarán las aplicaciones CARA-GIS específicas por país. Por esta razón, cada institución tiene que actuar en su propio nombre para organizar el acceso al CARA-GIS y sus resultados. El equipo del proyecto apreciará, sobremanera, el encontrar soluciones orientadas a los clientes.



## Datos Básicos

El capítulo 'Datos Básicos' se trata de los datos espaciales y no espaciales que son fundamentales para cualquier estudio sobre la exposición de riesgos frente a las amenazas naturales en Centroamérica. A primera vista, puede ser que estos datos parezcan de menor relevancia a las actividades de Gestión del Riesgo de Desastres. Por consiguiente, la mayoría de los datos básicos presentados en este documento, a menudo, necesitan una preparación que consume mucho tiempo para facilitar los estudios subsiguientes de riesgo correctamente. Además, el acercamiento de mapeo supra-regional de riesgo es particularmente desafiante, ya que los datos básicos de los diferentes países no son homogéneos.

Los datos básicos son una fuente de información importante para el desarrollo y la planificación en cualquier nivel administrativo. Por lo tanto, los datos básicos son comúnmente recolectados y proporcionados a nivel de todas las entidades administrativas, tales como 'Departamentos' y 'Municipios' en los países centroamericanos. Consiguientemente, en la evaluación de amenazas y riesgos también se debe, preferiblemente, hacer mención a la exposición a los riesgos de todas las entidades administrativas. ¡Solamente este acercamiento permite una evaluación de riesgos supra-regional y comparativo para Centroamérica!

La calidad de la información básica es, particularmente, sensible en el contexto de la evaluación de riesgos, puesto que los datos influyen severamente los procesos subsiguientes de toma de decisiones. Por esa razón, se instruye a las autoridades responsables de adquisición de datos, en todos los niveles administrativos, que sigan solamente las pautas generalmente aceptadas y las normas de práctica.

Los datos básicos usados en este documento representan el statu quo en el momento que el mismo fue escrito. Sin embargo, en muchos casos no se evaluaron actualmente la exposición a los riesgos en base a la información actualizada debido a que el mapeo, como por ejemplo de uso de suelo, fue efectuado hace varios años.

A largo plazo, los datos básicos deben ser actualizados y examinados con regularidad. Desde el punto de vista supra-regional es altamente recomendable iniciar un proceso de armonización de los datos básicos relevantes a la evaluación de riesgos en todo Centroamérica, particularmente los datos de uso/cobertura de suelo. Mientras que esta información clave difiera substancialmente la una de la otra, los procedimientos supra-regionales de evaluación de riesgos no podrán ser exitosos o serán demasiado abstractos para ser considerados racionales.

Los datos básicos en este documento abarcan las siguientes capas:

- Áreas administrativas y límites territoriales/enfoque supra-regional;
- Datos de uso de suelo/enfoque específico al país;
- Infraestructura (red vial)/enfoque supra-regional;
- Datos topográficos/enfoque supra-regional;
- Cifras demográficas (demografía, densidad poblacional)/enfoque supra-regional;
- Estadísticas económicas (representación espacial de los sectores económicos)/enfoque supra-regional.

## Áreas Administrativas, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional demuestra los límites de:

- Los países socios objeto del proyecto (línea de demarcación en amarillo) y sus vecinos (Costa Rica, Belize, México);
- Todos los 'Departamentos' (línea de demarcación en gris oscuro);
- Todos los 'Municipios' (línea de demarcación en gris claro).

Para una mejor orientación, se marcaron adicionalmente las capitales de los países y las cabeceras de los 'Departamentos'. Estos son catalogados con sus códigos oficiales, que definen las respectivas autoridades nacionales de estadísticas. A fin de dar mejor legibilidad, estos códigos han sido omitidos para el nivel de 'Municipio'. Este código identifica cada una de las unidades administrativas dentro del país de forma única, desde el 'Departamento' hacia abajo, al nivel del 'Municipio'. Sin embargo, una comparación entre países demuestra que existen códigos idénticos. Por lo tanto, este acercamiento puede solamente ser perseguido mientras que coexistan varios programas CARA-GIS por país sin ningún vínculo. Si se considera la aplicación unificada, en el contexto internacional, los códigos deben ser extendidos con el código único de cada país.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Los procesos de toma de decisiones dentro del ciclo de Gestión del Riesgo de Desastres siempre influyen sobre todas las entidades administrativas (Departamentos y Municipios), al igual que los documentos oficiales de administración, desarrollo o planificación. Por esa razón, como un aporte a las autoridades que toman las decisiones, es obligatorio para aquellas personas que realizan la evaluación de riesgos de desastres cubrir todo el área administrativa bajo su responsabilidad y no solamente una parte de la misma.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Para los países del proyecto, existen las siguientes fuentes de datos en cuanto a los límites administrativos y códigos:

País	Nombre de la Autoridad	Datos Administrativos de Escala de Referencia
El Salvador	Centro Nacional de Registros (CNR)/ Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN)	1:25 000 + Códigos
Guatemala	Instituto Geográfico Nacional (IGN)/ Instituto Nacional de Estadística (INE)	1:250 000 (1:50 000) Códigos
Honduras	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	1:200 000 - 1:350 000 + Códigos
Nicaragua	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)/ Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE)	1:525 000 (1:50 000) Códigos

- **El Salvador:** La autoridad nacional de mapeo brinda un producto digital continuo de los límites administrativos que se actualiza constantemente y contiene los códigos administrativos de 14 Departamentos y 262 Municipios. Este archivo (*dataset*) es proporcionado en formato de ESRI GIS (shp) o en formato MicroStation (dgn) y está disponible a solicitud. El acceso a esta información es gratuito, según lo definido por el IGCN;
- **Guatemala:** Toda la información administrativa a nivel nacional y subnacional fue publicada por el IGN (editados: 2002) y será ajustado en caso que sea necesario. Los códigos administrativos para las unidades subnacionales, Departamentos (22) y Municipios (331), coinciden con la clasificación oficial del INE. Para el público, el acceso a esta información administrativa conlleva un costo, según lo definido por el IGN; para las autoridades gubernamentales los datos son gratuitos. Los datos son proporcionados en formato de archivo ESRI GIS (shp);
- **Honduras:** La estructura administrativa de los Departamentos (18) y los códigos correspondientes fueron establecidos en 1988. La definición de los Municipios (298) y sus códigos data de (?)1974. Actualmente, no hay ninguna información sobre la política de fijación de precios ni la accesibilidad a los datos administrativos. El conjunto de datos usado en CARA-HN-GIS fue proporcionado por COPECO en formato de archivo ESRI GIS (shp).

- **Nicaragua:** Hay un juego de mapas topográficos análogos a escala de 1:50 000 (editados originalmente: 1986) de todo el país, que han sido utilizados para definir el contorno de los 15 Departamentos/2 Regiones Autónomas y 153 Municipios a escala de 1:525 000 (editados: 2006; originalmente publicado en el boletín oficial 'La Gaceta' en el año 2002). La georeferenciación del archivo (*dataset*) ha sido establecido por el INETER en formato de ESRI GIS (shp) y MicroStation (dng). Las líneas de demarcación de las unidades subnacionales serán actualizadas según la necesidad. Los datos administrativos son accesibles a solicitud en el INETER. El costo de un shapefile equivale a US\$ 20. Los códigos administrativos fueron originalmente establecidos en el ámbito de la fundación de la Asociación de Municipios de Nicaragua (AMUNIC) en 1993. Los códigos oficiales están disponibles en la página Web del INIDE.

### Comentarios

La división administrativa de los países centroamericanos está sujeta a cambios continuos. Por ejemplo, según ISO-3166-2 BOLETÍN INFORMATIVO No 1-2 ([http://en.wikipedia.org/wiki/ISO\\_3166-2:NI#Changes](http://en.wikipedia.org/wiki/ISO_3166-2:NI#Changes)), dos nuevas regiones autónomas en Nicaragua (Atlántico Norte; Atlántico Sur) fueron agregadas y el Departamento Zelaya fue disuelto. Por lo tanto, es de vital importancia para el mapeo de riesgos mantener los atributos de los datos espaciales en concordancia con los datos estadísticos. En caso de no hacerlo, esto puede causar que los resultados sean inexactos, afectando aquellas áreas donde existe discrepancia entre los datos espaciales y los otros datos que están relacionados a los mismos (p.ej. datos demográficos).

### Metodología

El mapa supra-regional de las áreas administrativas reúne todos los mapas de una sola área de los países del proyecto. Los datos estadísticos recolectados por las autoridades nacionales de estadísticas, p.ej. datos de censo que contienen información valiosa para el análisis de riesgos, se categorizan según los códigos administrativos respectivos. Por lo tanto, el uso de los códigos administrativos en el SIG permite vincular, sin problema, los datos estadísticos a las entidades espaciales en el análisis subsiguiente de riesgos. El emparejamiento por nombres podría causar desacuerdos porque los Municipios pueden tener nombres idénticos. ¡Hay, por ejemplo, tres Municipios que se llaman 'El Rosario' dentro de tres diferentes Departamentos en El Salvador!

### Cómo leer este Mapa



El mapa representa el sistema de codificación jerárquico para todos los países relevantes de una manera gráfica (véase también Demografía, Supra-Regional, página 36s). El SIG también proporciona la extensión (en km<sup>2</sup>) de cada una de las unidades administrativas, la cual es importante posteriormente para muchos de los pasos de análisis de riesgos.

Por ejemplo, el Municipio 'San Dionisio' en Nicaragua en el Departamento de 'Matagalpa' (código de dos dígitos del INEC: 40) tiene el código compuesto de cuatro dígitos del INEC 4055 y una extensión de 169 km<sup>2</sup> (véase la figura).

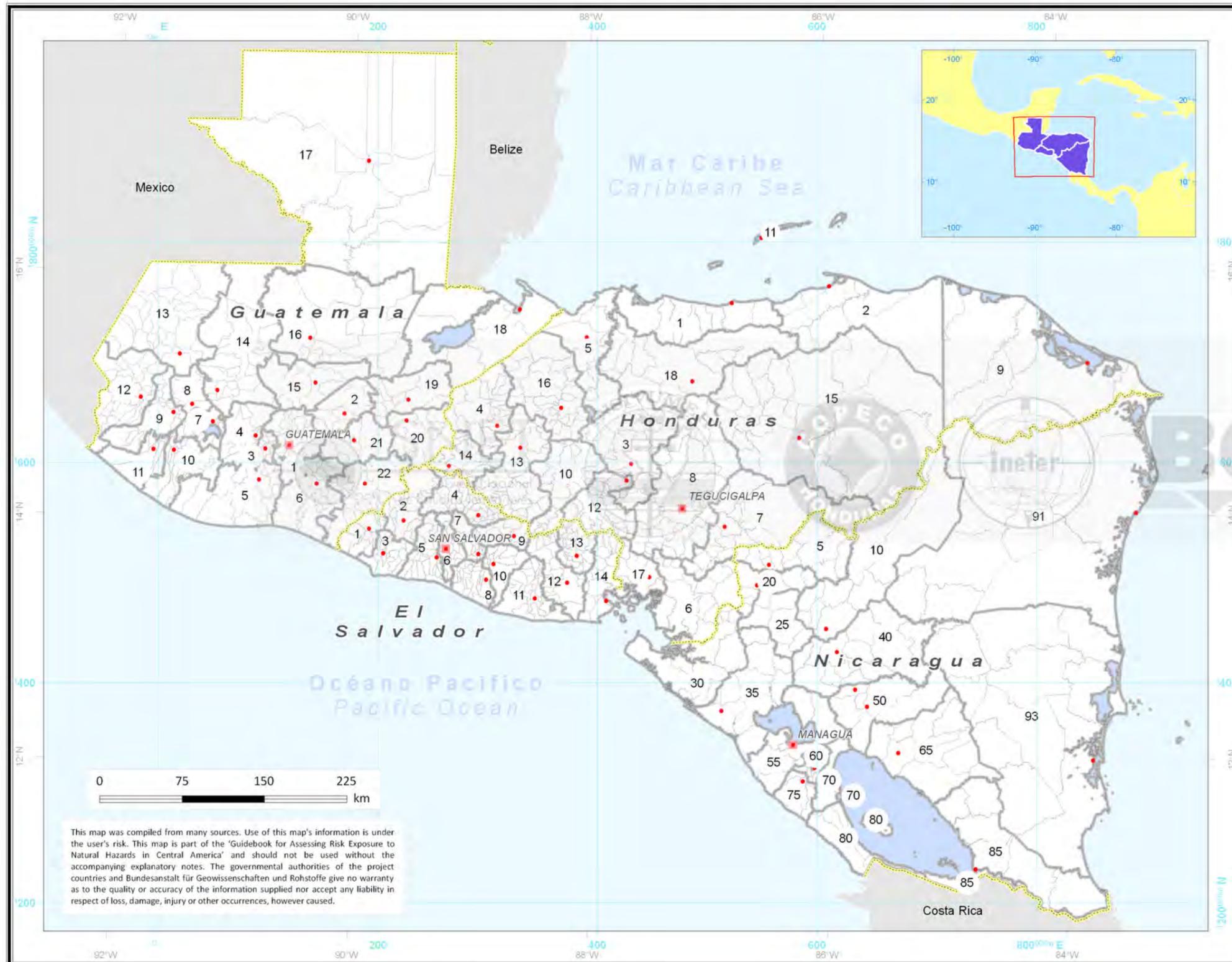
Se puede acceder a la lista tabular completa de nombres y códigos de todos los Departamentos y Municipios en los programas individuales de CARA-GIS.

### Recomendaciones

- Un archivo (*dataset*) de la información administrativa bien estructurado es la condición previa más crítica, siendo éste el fundamento para todos los pasos subsiguientes del SIG. Dicho archivo (*dataset*) contribuye considerablemente al flujo de trabajo confiable a lo largo de todo el procedimiento del análisis de riesgos;
- El uso de los códigos numéricos para referirse a las entidades administrativas en el SIG evita los problemas actuales que se generan por escribir, en letras, el nombre de dichas entidades, así como por la duplicación de los nombres;
- Es recomendable introducir el uso obligatorio de los códigos administrativos específicos de cada uno de los países siempre que se realice el mapeo digital de riesgos por parte de las autoridades gubernamentales e intergubernamentales en Centroamérica.

# Áreas Administrativas (Límites y Códigos)

Administrative Areas (Boundaries and Codes)



## Leyenda

Legend

- Capital nacional  
National capital
- Cabecera departamental  
Departmental capital
- Frontera nacional  
National border
- 15 Límite y código departamental  
Departmental boundary and code
- Límite municipal  
Municipal boundary

© Proyecto Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, 2010

## Uso de Suelo: Ejemplo El Salvador

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional demuestra las clases de uso de suelo en El Salvador.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

‘El uso de suelo se basa en la dimensión funcional de la tierra para los diferentes propósitos humanos o actividades económicas’ (OCED, 2005; <http://stats.oecd.org/glossary/>). En otras palabras las categorías de uso de suelo reflejan la variedad de actividades que se llevan a cabo en un sitio o una región específica. Los datos de uso y/o cobertura de suelo son fundamentales para cualquier evaluación de riesgos. En los pasos subsiguientes de la evaluación de riesgos es entonces posible concluir si una actividad específica está expuesta a una amenaza o no. Cuando se intersectan los datos de uso de suelo con los datos administrativos, éstos facilitan el análisis espacial de los datos estadísticos, tales como, los datos demográficos o económicos claves. ¡Allí otra vez, la exactitud de los resultados del mapeo de riesgos es principalmente determinada por la resolución de la información de uso de suelo!

*Un ejemplo teórico:* una encuesta sobre el uso de suelo en todo el país se basa en las imágenes satelitales con una resolución menor. Especialmente en las áreas rurales, las áreas escasamente pobladas son a menudo demasiado pequeñas para ser examinadas como ‘área residencial’ de la categoría de uso de suelo a escala de 1:250 000 o menor. Por lo tanto, estas áreas escasamente pobladas serán a menudo excluidas formalmente (metódicamente) de la evaluación de riesgos, puesto que dichas áreas no pueden ser expuestas a ninguna amenaza.

Viceversa, los resultados del mapeo de riesgos también pueden principalmente influenciar a las prácticas de manejo de tierra. Se sabe, por ejemplo, que en muchas regiones la deforestación ocasionada por el ser humano aumenta la susceptibilidad de las laderas a los movimientos de masa (deslizamientos) que causan pérdidas materiales e inmateriales en las áreas de alcance máximo. Una respuesta que puede dar la estrategia adoptada de manejo de tierra puede ser la reasignación de estas áreas a áreas de reforestación o el fortalecimiento técnico de las medidas preventivas en la ladera.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos de uso de suelo examinados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el IGCN en el 2003 son principalmente destinados al uso en el sector ecológico o agrícola, pero son suficientemente exactos para la evaluación de riesgos. Las clases identificadas de la cobertura del suelo están conformes al proyecto de cobertura del suelo CORINE (editados: 2000). Según las fuentes de datos, la resolución de las imágenes usadas de LANDSAT es 15 m, mientras que la escala de las fotografías aéreas es de 1:5000. En adición, los resultados de la encuesta de uso de suelo en base al monitoreo remoto han sido validados en el campo. Actualmente, no hay información por parte del MARN/IGCN sobre la frecuencia de la actualización. Los datos cubren todo el país y son preparados en formato de archivo ESRI GIS (shp) listo para utilizar. Los datos de uso de suelo son accesibles a solicitud y gratuitos.

### Comentarios

Para poder entregar una información confiable de riesgos a los responsables de toma de decisiones, las evaluaciones de riesgos deben basarse en la información actualizada. Dado que los datos de uso de suelo son cruciales para el análisis de riesgos, idealmente, esta información debe ser lo más reciente posible. Los datos proporcionados de uso de suelo que están incorporados en CARA-SV-GIS son de hace siete años a estas alturas y, por lo tanto, no reflejan los cambios que han ocurrido en los últimos años, causados, por ejemplo, por la inundación en noviembre del 2009.

### Metodología

El monitoreo remoto es la herramienta más apropiada para establecer los mapas de uso o cobertura del suelo para áreas más extensas. Los acercamientos a escala nacional se basan en la interpretación visual de Landsat-TM y/o las imágenes de SPOT o la clasificación digital de las imágenes. Posteriormente, los datos en formato raster de las imágenes se convierten en formatos vectoriales.

Aunque, el archivo original de uso de suelo del MARN/IGCN también proporciona categorías agregadas, el análisis de riesgos depende de la clasificación detallada de uso de suelo. De acuerdo al número de clases (58) de uso de suelo, la tabla de abajo demuestra solamente un extracto de la clasificación original del MARN/IGCN (2003) con los códigos de valor de siete dígitos de CARA-SV-GIS (código de grupo temático: 4000/uso de suelo; código temático: 4100/uso de suelo; editados: 2003). Estos códigos permiten, unánimemente, referirse a las clases de uso de suelo durante los procedimientos de CARA-SV. La clasificación de uso de suelo se menciona en su totalidad en la leyenda del mapa.

Clase de Uso de Suelo (MARN/IGCN, 2003) Versión en Inglés	Clase de Uso de Suelo (MARN/IGCN, 2003) Versión en Español	CARA-SV-GIS Código de Valor SIG
...	...	...
Bananas (Trees and Shrubs)	Platanales y Bananeras	4100135
Playas, Dunes and Sand	Playas, Dunas y Arenales	4100136
Swampy Grassland	Praderas Pantanosas	4100137
Rivers	Ríos	4100138
Rocks, Lava	Roqueda, Lavas	4100139
Saline	Salinas	4100140
Agriculture and Forestry Systems	Sistemas Agroforestales	4100141
Contiguous Urban Area	Tejido Urbano Continuo	4100142
Discontiguous Urban Area	Tejido Urbano Discontinuo	4100143
Sparsely Populated Area	Tejido Urbano Precario	4100144
...	...	...

### Cómo leer este Mapa

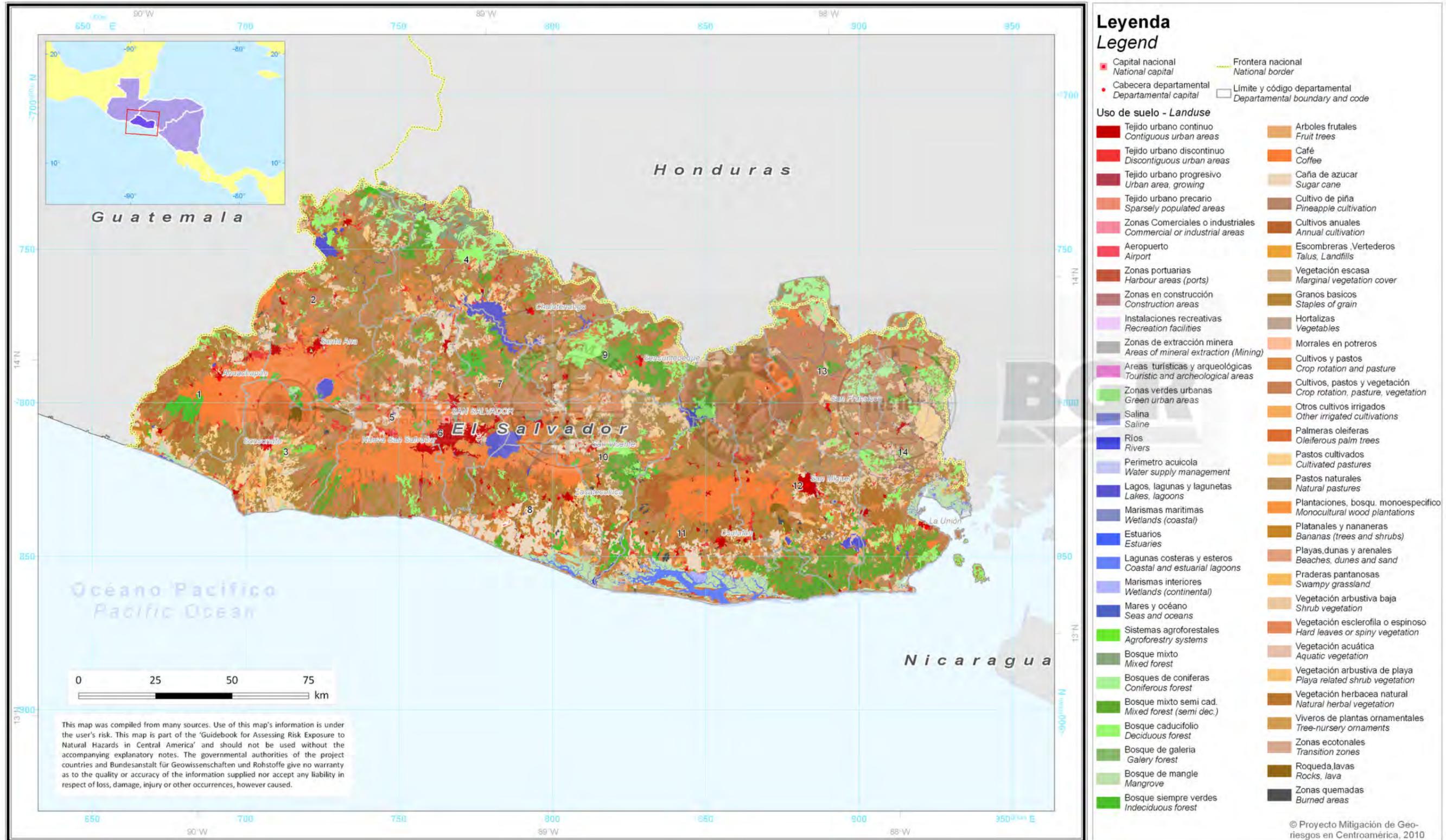
Los colores expresan las áreas de uso específico de suelo que representan las dimensiones funcionales de la tierra para los diferentes propósitos humanos y actividades económicas en El Salvador.

### Recomendaciones

Aunque la actualización de la información de uso de suelo es costosa y requiere tiempo, es altamente recomendable que se realice esta actividad regularmente para garantizar resultados reales y confiables del mapeo de riesgos a largo plazo.

# Uso de Suelo / Cobertura Terrestre

Land Use / Land Cover



Datos Básicos

## Uso de Suelo: Ejemplo Guatemala

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional demuestra las clases de uso de suelo en Guatemala.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Se menciona en la explicación de la página 26.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos de uso de suelo en Guatemala, a escala nacional, han sido recolectados por la Unidad de Planificación y Gestión del Riesgo en nombre del Ministerio de Agricultura y Alimentación (MAGA) y publicados en el año 2005 (a escala de 1:50 000). La clasificación de uso de suelo está, exclusivamente, dirigida al uso del sector ecológico o agrícola, es decir, si lo hay. Se realizó el mapeo, solamente, de las áreas residenciales urbanas más grandes, de modo que la mayoría de los Municipios parecen falsamente despoblados (véase la figura en la página derecha). Esto tiene, a su vez, mucho que ver con el mapeo de riesgos usando CARA en cuanto a la determinación de la exposición de la población a ciertas amenazas. Para abordar este problema, un archivo (*dataset*) externo entregado por el INSIVUMEH, que contiene la información espacial de asentamientos con una resolución más alta (no se sabe aún la fuente original), fue incorporado en la información existente de uso de suelo. La calidad geoespacial del conjunto de datos combinados es, suficientemente, exacta para las actividades de evaluación de riesgos.

Este archivo (*dataset*) de uso de suelo, se puede considerar también, como el punto de partida adecuado, para obtener una clasificación económica (véase la página 38) y como la etapa preliminar para finalmente analizar el potencial de riesgos económicos (pérdidas) ante las amenazas a escala nacional y/o supra-regional (véase la página 62).

La clasificación de uso de suelo en Guatemala se basa en la información de sensores remotos (SPOT, LANDSAT, IRS) y las fotografías aéreas (imágenes tomadas: 2003). Los resultados primarios de la investigación han sido adicionalmente comprobados en el campo. La frecuencia de la actualización depende de la necesidad. Los datos cubren todo el país y son preparados en formato ESRI GIS (shp) listos para utilizarse. Los datos de uso de suelo son accesibles a solicitud y proporcionados gratuitamente a las instituciones públicas.

### Comentarios

Para poder entregar una información confiable de riesgos a los responsables de toma de decisiones, las evaluaciones de riesgos deben basarse en la información actualizada. Dado que los datos de uso de suelo son cruciales para el análisis de riesgos, idealmente esta información debe ser lo más reciente posible. Los datos proporcionados de uso de suelo que están incorporados en CARA-GT-GIS son de hace cinco años y, por lo tanto, no reflejan los posibles cambios que pueden haber ocurrido en los últimos años.

### Metodología

Para obtener más información general sobre los aspectos técnicos para establecer mapas de uso o cobertura del suelo de las áreas más grandes, véase la página 26.

### Cómo leer este Mapa

Los colores expresan las áreas de uso específico de suelo que representan las dimensiones funcionales de la tierra para los diferentes propósitos humanos y actividades económicas en Guatemala.

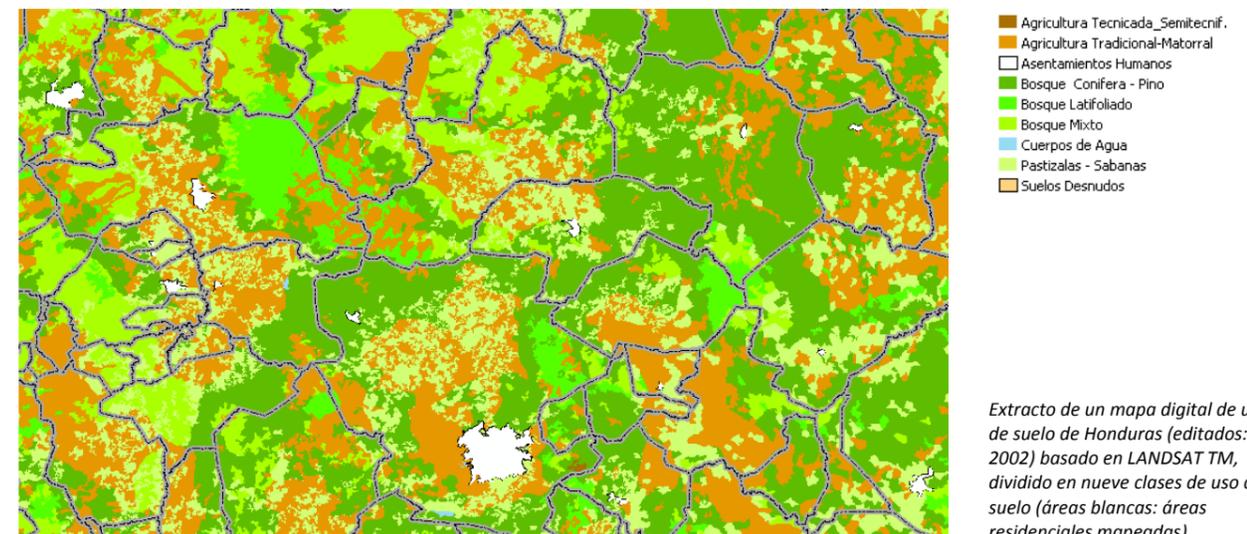
### Recomendaciones

Aunque la actualización de la información de uso de suelo es costosa y requiere tiempo, es altamente recomendable que se realice esta actividad regularmente para garantizar resultados reales y confiables del mapeo de riesgos a largo plazo.

### Nota especial sobre los datos de uso de suelo en Honduras y su impacto al manual

Desafortunadamente, a diferencia de los países como El Salvador, Guatemala y Nicaragua, actualmente no existe un archivo (*dataset*) apropiado de uso de suelo disponible en Honduras, que permita llevar a cabo los procedimientos específicos de mapeo de riesgos que satisfagan los requisitos de CARA. Las razones son:

- Obviamente, la resolución del archivo (*dataset*) de uso de suelo disponible, parece ser demasiado baja para captar las áreas residenciales en las zonas rurales. Esto hizo, que, o se mapearan solamente las mayores áreas residenciales urbanas (véase el ejemplo abajo) o que, casi nunca, no se tomaran en cuenta las demás áreas residenciales;
- Lamentablemente, en contraste con el país de Guatemala, actualmente no hay una forma de complementar la información 'perdida' de los asentamientos en el archivo (*dataset*) de uso de suelo disponible con un conjunto de datos aislado de asentamientos (véase la explicación sobre Guatemala en la página izquierda).

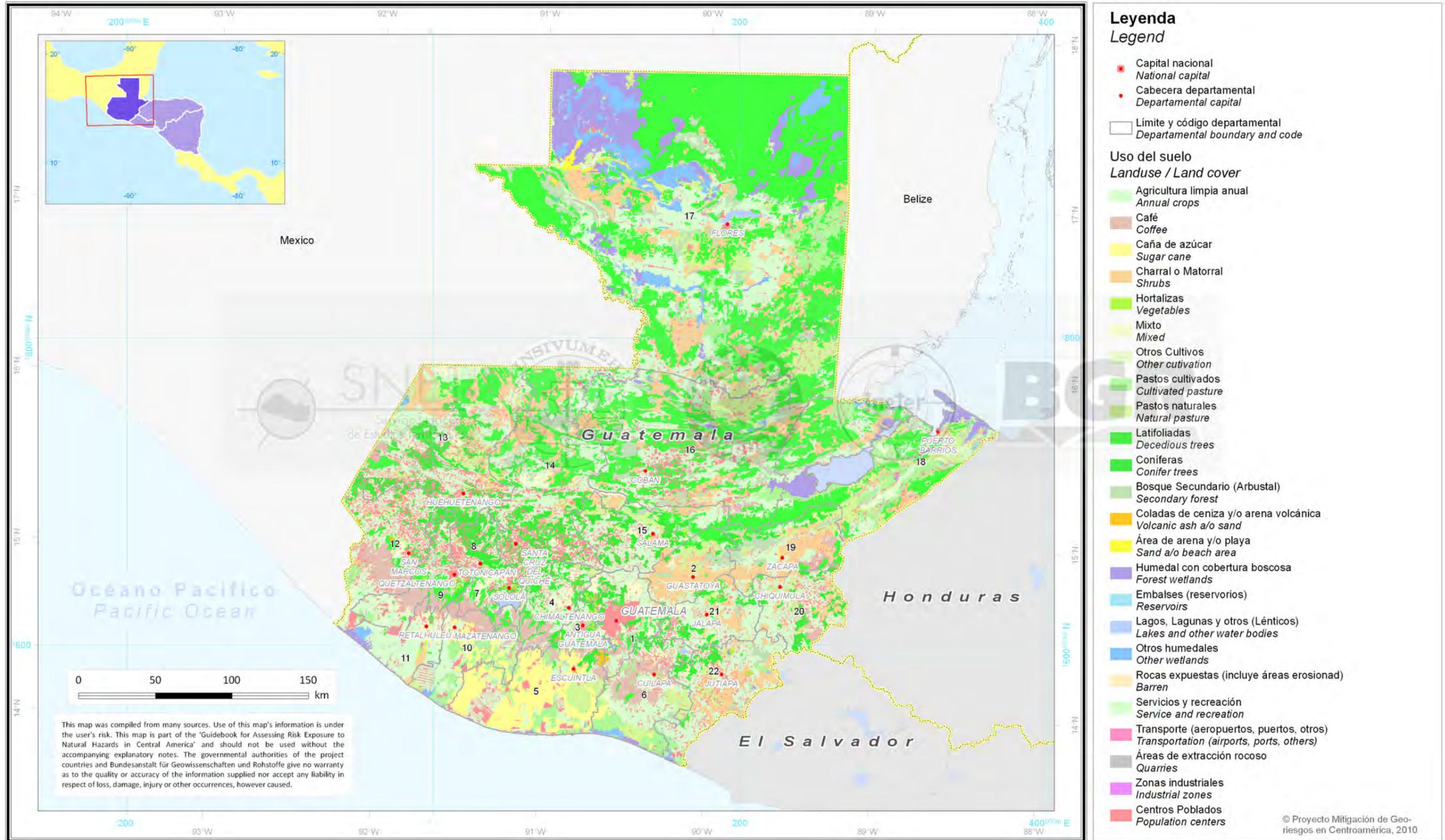


Para los procedimientos en curso de mapeo de riesgos usando CARA-GIS, este caso tiene consecuencias de amplio alcance de la siguiente manera:

- En realidad, la evaluación de la 'población en riesgo' ante cualquier geo-amenaza es imposible para Honduras. Por lo tanto, en el contexto supra-regional, todos los mapas que se enfocan en el indicador de vulnerabilidad 'población' pueden solamente ser trazados sin Honduras;
- Asimismo, la evaluación del 'potencial económico en riesgo' ante cualquier geo-amenaza es imposible para Honduras (véase la página 88), dado que no se puede lograr la agrupación requerida de las clases de uso de suelo con las categorías del sector económico (véase la página 62ss). Por lo tanto, en el contexto supra-regional, todos los mapas que se enfocan en el indicador de vulnerabilidad 'potencial económico' pueden solamente ser ilustrados sin Honduras;
- Si se proporciona la información espacial calificada sobre las áreas residenciales/uso de suelo para el país de Honduras, los mapas relevantes supra-regionales de riesgos podrán ser extendidos.

# Uso de Suelo / Cobertura Terrestre

## Land Use / Land Cover



Datos Básicos

## Uso de Suelo: Ejemplo Nicaragua

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional demuestra las clases de uso de suelo en Nicaragua.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Se menciona en la explicación en la página 26.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos de uso de suelo son proporcionados por el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) y el INETER (editados: 2000; a escala de 1:50 000). Según las fuentes de datos, la resolución de las imágenes usadas de LANDSAT es de 30 m. La calidad geoespacial de los datos es, suficientemente, exacta para la evaluación de riesgos a escala actual. Los datos cubren todo el país y fueron preparados en formato de archivo ESRI GIS (shp) listo para utilizar. La información de uso de suelo y la información sobre la política correspondiente de fijación de precios son proporcionadas por el MAGFOR a solicitud.

### Comentarios

Para poder entregar una información confiable de riesgos a los responsables de toma de decisiones, las evaluaciones de riesgos deben basarse en la información actualizada. Dado que los datos de uso de suelo son cruciales para el análisis de riesgos, idealmente esta información debe ser lo más reciente posible. Los datos proporcionados de uso de suelo que están incorporados en CARA-NI-GIS, a estas alturas, son de hace diez años y, por lo tanto, no reflejan los cambios que han ocurrido durante los últimos años. Actualmente, un grupo de trabajo interinstitucional está finalizando una nueva versión del mapa de uso de suelo para Nicaragua (a escala de 1:50 000), que se basa en las imágenes de SPOT (tomadas en el 2006; resolución de 20 m). Según el manejo de datos de CARA-GIS el nuevo mapa de uso de suelo puede ser fácilmente incorporado en el flujo de trabajo de mapeo de riesgos para establecer posteriormente los mapas ajustados de riesgos para Nicaragua.

### Metodología

Para obtener más información general sobre los aspectos técnicos para establecer mapas de uso o cobertura del suelo de las áreas más grandes, véase la página 26.

De acuerdo al número de clases de uso de suelo (32), la tabla de abajo muestra solamente un extracto de la clasificación original del MAGFOR (editados: 2000) con los códigos de valor de siete dígitos de CARA-NI-GIS (código de grupo temático: 4000/uso de suelo; código temático: 4100/uso de suelo). Estos códigos permiten unánimemente referirse a las clases de uso de suelo durante los procedimientos de CARA-NI-GIS. La clasificación de uso de suelo se menciona en su totalidad en la leyenda del mapa.

Clase de Uso de Suelo (MAGFOR, 2000) <i>Versión en Inglés</i>	Clase de Uso de Suelo (MAGFOR, 2000) <i>Versión en Español</i>	CARA-NI-GIS Código de Valor
...	...	...
Settlement Areas	Centros Poblados/Áreas Humanizada	4100103
Volcanic Area	Área Volcánica	4100104
Coniferous Forest, Sparse	Bosque de Pino, Abierto	4100105
Coniferous Forest, Dense	Bosque de Pino, Cerrado	4100106
Deciduous Forest, Sparse	Bosque Latifoliado, Abierto	4100107
Deciduous Forest, Dense	Bosque Latifoliado, Cerrado	4100108
Mixed Forest	Bosque Mixto	4100109
Cafe Plantation, Shaded	Café, con Sombra	4100110
Cafe Plantation, not Shaded	Café, sin Sombra	4100111
Shrimps	Camaroneras	4100112
Sugar Cane	Caña de Azúcar	4100113
...	...	...

### Cómo leer este Mapa

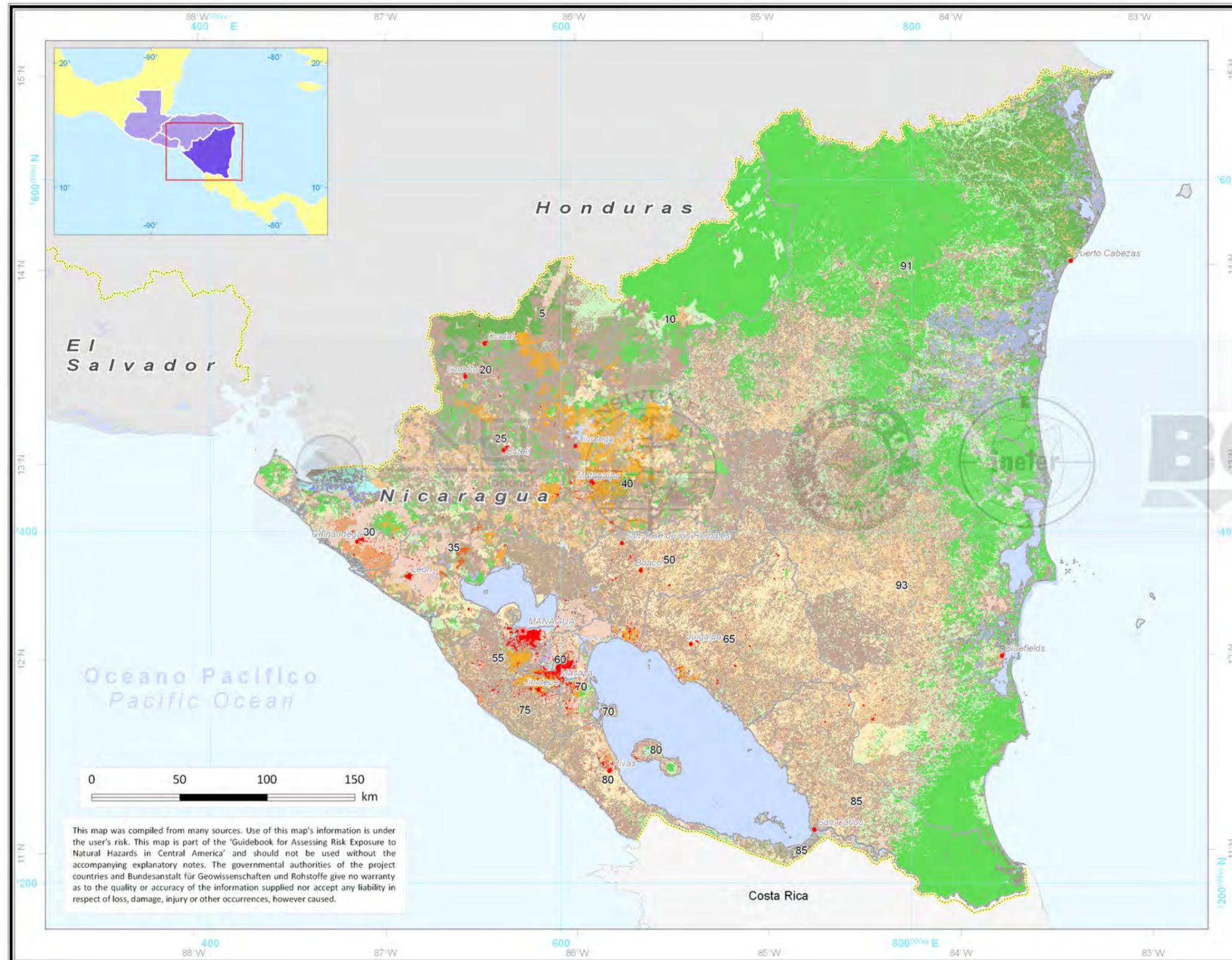
Los colores simbolizan las áreas de uso específico de suelo que representan las dimensiones funcionales de la tierra para los diferentes propósitos humanos y actividades económicas en Nicaragua.

### Recomendaciones

Después de la publicación del nuevo mapa de uso de suelo para Nicaragua, programada para el 2010, se recomienda reevaluar el potencial de exposición a los riesgos en Nicaragua enfocándose en el indicador de vulnerabilidad 'población' lo más pronto posible. Se puede aprovechar la reevaluación para estudiar la sensibilidad de uno de los parámetros básicos más significativos con respecto a los resultados de la evaluación de riesgos.

## Uso de Suelo / Cobertura Terrestre

### Land Use / Land Cover



### Leyenda

#### Legend

- Capital nacional  
*National capital*
- Cabecera departamental  
*Departmental capital*
- Límite y código departamental  
*Departmental boundary and code*
- Límite Nacional  
*National Border*

### Uso de suelo

#### Landuse

- |  |   |
|--|---|
| ■ Centros poblados<br><i>Settlement areas</i>                        | ■ Maleza y pasto con arboles<br><i>Brushwood and pasture with trees</i>   |
| ■ Bosque mixto<br><i>Mixed forest</i>                                | ■ Manglar<br><i>Mangrove</i>  |
| ■ Bosque de pino abierto<br><i>Coniferous forest, sparse</i>         | ■ Musaceas<br><i>Bananas</i>  |
| ■ Bosque de pino cerrado<br><i>Coniferous forest, dense</i>          | ■ Pasto manejado<br><i>Pasture land</i>                                   |
| ■ Bosque latifoliado abierto<br><i>Deciduous forest, sparse</i>      | ■ Plantaciones<br><i>Plantation</i>                                       |
| ■ Bosque latifoliado cerrado<br><i>Deciduous forest, dense</i>       | ■ Tabaco<br><i>Tobacco</i>  |
| ■ Tierra sujeta a inundación<br><i>Inundation prone area</i>         | ■ Tacotal y pasto con maleza<br><i>Thicket and pasture with brushwood</i> |
| ■ Agua<br><i>Water</i>   | ■ Vegetación arbustiva<br><i>Shrubs</i>                                   |
| ■ Camaroneras<br><i>Shrimp farms</i>                                 | ■ Yollillales<br><i>Wooded freshwater wetlands</i>                        |
| ■ Café con sombra<br><i>Cafe plantation, shaded</i>                  | ■ Yolillo<br><i>Palm trees, Yolillo</i>                                   |
| ■ Café sin sombra<br><i>Cafe plantation, without shade</i>           | ■ Afloramientos rocosos<br><i>Hard rock outcrops</i>                      |
| ■ Caña de azúcar<br><i>Sugar cane</i>                                | ■ Suelo sin vegetación<br><i>Barren land</i>                              |
| ■ Cultivos anuales<br><i>Annual cultivation</i>                      | ■ Playa<br><i>Beach</i>   |
| ■ Cultivos anuales bajo riego<br><i>Irrigated annual cultivation</i> | ■ Carcava con vegetación<br><i>Gully, vegetated</i>                       |
| ■ Frutales<br><i>Fruit plantation</i>                                | ■ Área volcánica<br><i>Volcanic area</i>                                  |
| ■ Huertos<br><i>Vegetable plantation</i>                             |   |

© Proyecto Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, 2010

## Infraestructura (Red Vial), Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra la red vial de primero y segundo orden, como la característica infraestructural más importante en Centroamérica.

Debido a las razones de escala, los elementos infraestructurales adicionales (p.ej. caminos menores, puentes, aeropuertos, hospitales y servicios públicos) no están ilustrados en el mapa. Además, hay una diferencia significativa con respecto a la disponibilidad en forma digital de esta información entre los países del proyecto. El acuerdo mutuo, al que se ha llegado, es trazar exclusivamente los 'caminos', siendo éste un denominador común para todos los países.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Los datos de la infraestructura sirven como una variable principal de entrada en la evaluación de riesgos, entre otras informaciones (p.ej. datos de uso de suelo). Los elementos infraestructurales son, por una parte altamente vulnerable a casi todos los eventos amenazantes. Por otra parte, estos desempeñan un papel importante en la implementación de las medidas preparativas dentro del ciclo de Gestión del Riesgos de Desastres (p.ej. capacidad de atención a la salud), así como con respecto a la capacidad de afrontamiento (p.ej. rutas de escape).

En el contexto supra-regional, los elementos infraestructurales en riesgo son de extrema importancia ya que, por ejemplo, el daño de una ruta arterial de tránsito en un país, causado por deslizamientos y/o inundación, puede también afectar seriamente la funcionalidad del mismo camino en el país adyacente. Esto es principalmente tomado en cuenta en las áreas fronterizas. Por lo tanto, para evitar consecuencias negativas de gran envergadura en las regiones altamente propensas a acontecimientos dañinos, se deben no solamente diseñar las posibles medidas preventivas sino también implementarlas mediante un acercamiento común supra-regional.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Las siguientes autoridades gubernamentales de los países del proyecto son responsables de recolectar la información infraestructural a escala nacional utilizada en CARA-GIS:

País	Nombre de la Autoridad	Tipo de Infraestructura
El Salvador	Ministerio de Educación (MNED)	(Escuelas*)
	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS)	Instalaciones de atención a la salud
	Ministerio de Obras Públicas (MOP)	Caminos
Guatemala	Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV)	Caminos, puentes, (aeropuertos*, centrales eléctricas*)
	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	
	Instituto Nacional de Estadística (INE)	Escuelas (no están incorporadas todavía en CARA-GIS)
Honduras	Ministerio de Comunicaciones, Obras Públicas y Transporte	Caminos
	Instituto Nacional Geográfico (ING)	
Nicaragua	Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)	Caminos
	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)	Caminos (solo para la región del Pacífico del país; no están todavía incorporadas en CARA-GIS)
	Ministerio de Educación y Deportes (MINED)	Escuelas (no están todavía incorporadas en CARA-GIS)
	Ministerio de Salud (MINSA)	Instalaciones de atención a la salud (no están todavía incorporadas en CARA-GIS)

\* = disponibles en CARA-GIS, pero sin evaluación de riesgos

- El Salvador:** La información infraestructural recolectada por el MNED y el MSPAS se origina en 2006 (la situación concerniente a los datos del MOP es desconocida). El archivo (*dataset*) del MNED (escuelas) y el MSPAS (instalaciones de atención a la salud: hospitales e instalaciones ambulatorias) fue proporcionado en archivos de MS Excel. La georeferenciación de la información de los puntos fue llevado a cabo por SNET (resultado: formato de archivo ESRI GIS [shp]). Para el mapeo en CARA los dos conjuntos de datos espaciales de las instalaciones de atención a la salud fueron combinados en una clase de característica común. No hay información por parte del MNED y el MSPAS sobre la frecuencia de la actualización. Los datos mencionados son accesibles a solicitud, y gratuitos. El conjunto digital de datos viales preparado por el MOP, se basa en un mapa topográfico a escala de 1:25 000 y está listo para utilizarse (formato de archivo ESRI GIS [shp]); la calidad geo-espacial de los datos es, suficientemente, exacta para el mapeo de riesgos. La información vial es actualizada continuamente.

- Guatemala:** Delegado por el Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV), dos autoridades nacionales se responsabilizan de publicar la información infraestructural a escala nacional: el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y la Unidad Ejecutora de Conservación Vial (COVIAL). El archivo (*dataset*) que se usó, se basa originalmente en mapas topográficos a escala de 1:250 000 y fue actualizado en el año 2009 por el IGN. El archivo (*dataset*) de datos viales está listo para utilizarse (formato de archivo ESRI GIS [shp]); y la calidad geo-espacial de los datos tiene la suficiente exactitud para el mapeo de riesgos. Los datos son accesibles a solicitud y se pueden ver en la página Web de la COVIAL.
- Honduras:** Actualmente, CARA-GIS no posee la meta-información flexible sobre los datos infraestructurales de Honduras. Se usó *feature class dataset* proporcionados por COPECO, los cuales fueron extraídos en forma de *feature class* de la *geodatabase* nacional, que fue elaborado por el 'Proyecto Mitigación de Desastres Naturales (PMDN)'. No existe ninguna información sobre la edad de los datos ni sobre cualquier otro tema relevante (responsabilidad, accesibilidad, política de precios, etc.).
- Nicaragua:** Existen diferentes conjuntos digitales de datos viales disponibles con las siguientes escalas:
  - Escala 1:525 000 (editados: 2004): a escala nacional, principalmente basados en mapas topográficos a escala de 1:50 000 (usados en CARA-NI-GIS), proporcionados por el MTI;
  - Escala 1:50 000 (edición: desconocida): basados en mapas topográficos a escala de 1:50 000, proporcionados por el MTI;
  - Escala 1:10 000; basados en fotografías aéreas (solamente de la región del Pacífico del país), proporcionados por el INETER.

Generalmente, la información geoespacial vial es entregada en formato de archivo ESRI GIS (shp) o MicroStation (dgn). Se puede adquirir la información vial en las respectivas autoridades anteriormente mencionadas. Un archivo digital (shp) de caminos, a nivel nacional, cuesta US\$ 20. La calidad del conjunto de datos utilizados es suficientemente exacta para CARA y los datos están listos para utilizarse.

### Metodología

El mapa supra-regional de infraestructura que se enfoca en la red vial en Centroamérica, fue fácilmente creado por la compilación continua de los archivos (*datasets*) viales relacionados a cada uno de los países utilizando los códigos constantes de CARA-GIS. Por ejemplo, la clasificación de 'caminos', específicamente, de El Salvador se demuestra en la tabla de abajo con los códigos de valor de siete-dígitos de CARA-SV-GIS (código de grupo temático: 9000/infraestructura; código temático: 9400/infraestructura: caminos). Estos códigos permiten, unánimemente, referirse a las clases de tipo de camino durante los procedimientos de CARA.

País	Tipo de Caminos (Clasificación MOP; Edición: Desconocido) <i>Versión en Inglés</i>	Tipo de Caminos (Clasificación MOP; Edición: Desconocido) <i>Versión en Español</i>	CARA-SV-GIS Código de Valor SIG
El Salvador	Main Road	Camino Principal (Carreteras)	9400101
	Improved Road	Camino Mejorado	9400102
	Seasonal Road (Summer)	Camino Solo Transitables en Verano	9400103
	Main Street (Urban Area)	Calle Urbana	9400104
	Main Street (Subdistrict Level)	Calle Cantonal	9400105

### Cómo leer este Mapa

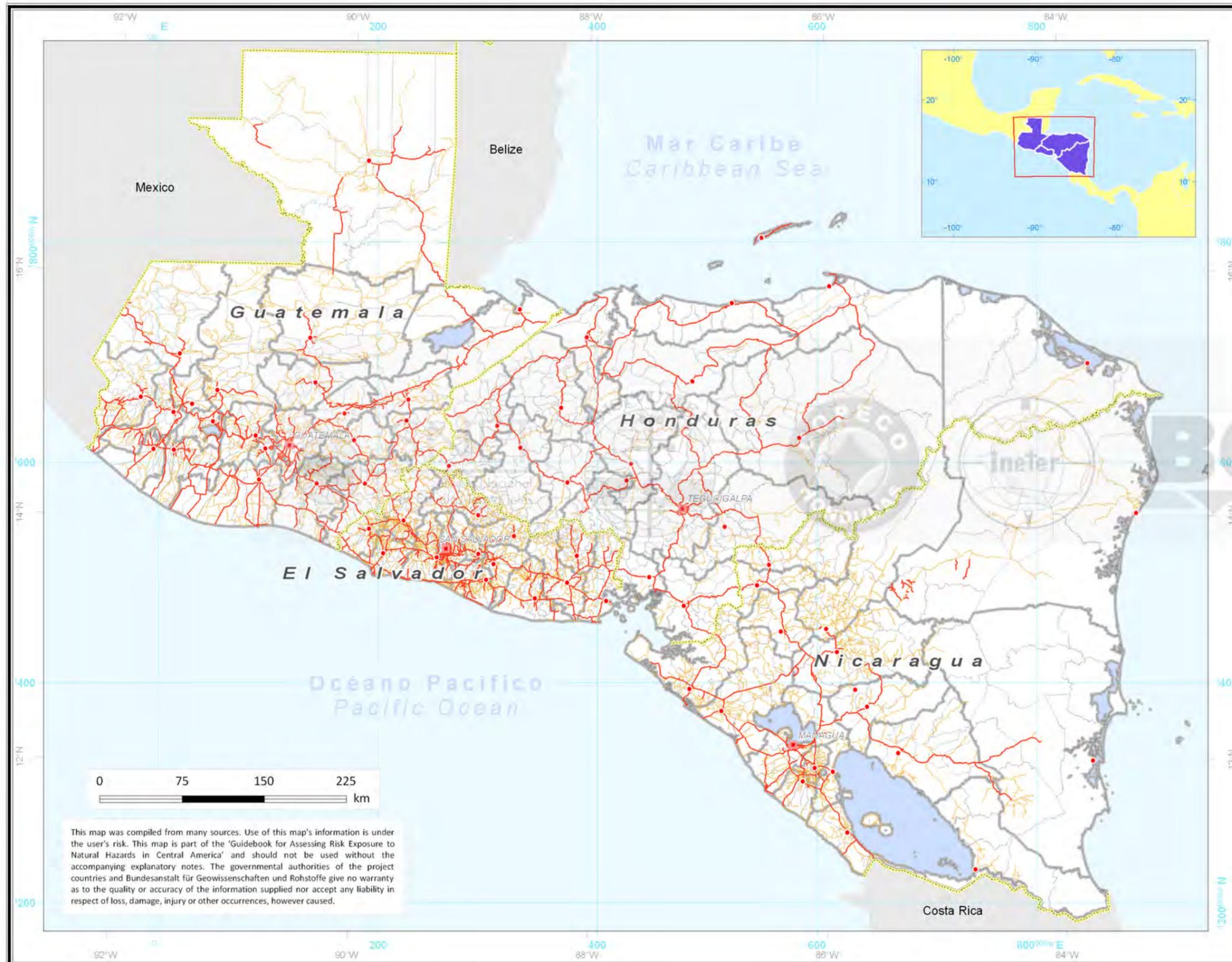
El mapa solamente ilustra el conjunto de datos infraestructura, clase de característica 'caminos'.

### Recomendaciones

Se recomienda mejorar la calidad de la información digital infraestructural, asignando más propiedades a los objetos individuales (p.ej. la capacidad de un puente, etc.). Para los estudios detallados, puede ser apropiado incluso un reconocimiento de campo, posiblemente en el marco de investigación de la vulnerabilidad y la capacidad a nivel del Municipio/Departamento.

## Infraestructura (Red Vial)

Infraestructura (Road Network)



### Legenda

Legend

- Capital nacional  
National capital
- Cabecera departamental  
Departamental capital
- Frontera nacional  
National border
- Limite departamental  
Departamental boundary
- Limite municipal  
Municipal boundary
- Carreteras**  
**Roads**
- Carretera principal  
Main road
- Carretera secundaria  
Secondary road

© Proyecto Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, 2010

## Topografía / Elevación, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional visualiza una representación sombreada de relieves de la topografía superficial de la tierra (terreno) de los países centroamericanos. La información del terreno ha sido aplicada solamente, de manera indirecta, en la evaluación de riesgos en Centroamérica, pero esta información ha sido por supuesto una condición previa imprescindible para las actividades precursoras de mapeo de amenazas (p.ej. para evaluar la susceptibilidad a deslizamientos). Para una mejor orientación, se marcaron adicionalmente las capitales de los países y las cabeceras de los 'Departamentos'.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

La información del terreno es, en gran medida, importante en el contexto de Gestión del Riesgo de Desastres. En el caso de varias amenazas (p.ej. inundaciones, deslizamientos, lahares), la morfología del terreno determina la trayectoria a lo largo de la cual la amenaza se propaga. Los Modelos Digitales de Elevación (DEMs) son esenciales, para elaborar el modelo de estos procesos, tales como inundación o para obtener los factores que causan su generación (p.ej. ángulo de la pendiente para la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos).

Desde el punto de vista supra-regional de Gestión del Riesgo de Desastres, los modelos computarizados de los eventos de la amenaza potencial mediante los DEMs, se ha vuelto cada vez más importante. Por ejemplo, un acontecimiento de inundación en el área de captación del Río Lempa causado por las lluvias torrenciales puede no sólo afectar el curso superior en (Guatemala) Honduras, pero también el curso inferior en El Salvador (aprox. 320 kilómetros de longitud). En el contexto de preparación, el modelo hidrodinámico no sólo ayudará en el cálculo de la propagación dependiente del tiempo de una onda de inundación en un sitio dado, sino también en el cálculo de la capacidad necesaria del área de retención para evitar la inundación a escala regional de los elementos en riesgo (áreas residenciales, caminos, instalaciones industriales, etc.) río abajo. Incorporando tales resultados basados en el modelo, las autoridades intergubernamentales de planificación consolidarán de manera sostenible la capacidad transnacional de afrontamiento.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Para el mapeo mediante CARA-GIS, el Modelo Digital de Elevación (SRTM-3) que comprende todos los países del proyecto ha sido bajado de la página Web de USGS (véase la tabla de abajo). Para que sea completa, la tabla de abajo se enfoca en las autoridades gubernamentales a cargo de proporcionar la información topográfica general.

País	Nombre de la Autoridad	Modelo Digital de Elevación
El Salvador	Centro Nacional de Registros (CNR)/Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN)	SRTM-3 (90 m)
	Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)	DEM obtenido de curvas de nivel (distancia: 10 m), estructurado de acuerdo al índice del mapa 1:25 000
Guatemala	Instituto Geográfico Nacional (IGN)	SRTM-3 (90 m) DEM obtenido de curvas de nivel (distancia: 100 y 50 m)
Honduras	Instituto Nacional Geográfico (ING)?	No está disponible la información específica del país
Nicaragua	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)	SRTM-1 (30 m) SRTM-3 (90 m)
	INETER/Japan International Cooperation Agency (JICA)	DEM regional (la región del Pacífico de Nicaragua; en base a datos fotogramétricos, resolución 20 m)

- **El Salvador:** La información topográfica es proporcionada por el CNR/IGCN (edición de SRTM-3: 2000; véase abajo) y SNET (edición: desconocida). Los datos son accesibles a solicitud y gratuitos;
- **Guatemala:** La información topográfica es proporcionada por el IGN y puede ser adquirida a solicitud (no se puede obtener más especificación);

- **Honduras:** En el presente, lamentablemente no existe información adicional sobre la disponibilidad de los datos topográficos digitales (p.ej. DEMs locales obtenidos de curvas de nivel, etc.);
- **Nicaragua:** El INETER mantiene ambos tipos de DEM, el SRTM-1 y el SRTM-3, cubriendo todo el territorio nicaragüense. SRTM-3 es gratuito y puede ser bajado de internet (véase abajo). Los datos de SRTM-1 son accesibles a solicitud. Para la región del Pacífico de Nicaragua, un DEM regional basado en los datos fotogramétricos (resolución: 20 m), ha sido elaborado por el INETER en cooperación con la JICA (editados: 2004). El precio de este DEM es de NIO 350 por 'cuadrante' de acuerdo al índice de mapa 1:50 000;
- **Datos de la SRTM (comentario general):** Para los análisis de pequeña y mediana escala, con menor demanda en cuanto a la exactitud espacial, la NASA Shuttle Radar Topographic Mission (Misión Topográfica de Radar del Transbordador Espacial de la NASA, SRTM), ha proporcionado datos digitales de elevación (DEMs) para casi todas las áreas del mundo. Los datos fueron recolectados en el año 2000 (reevaluados en el 2005) y son del dominio público por USGS ([edc.usgs.gov/srtm/data/obtainingdata.html](http://edc.usgs.gov/srtm/data/obtainingdata.html)). Los datos de la SRTM están disponibles con la siguiente resolución espacial:
  - SRTM-1: 1 arc segundo es equivalente a 30 m (disponible para el territorio estadounidense y otras áreas seleccionadas);
  - SRTM-3: 3 arc segundo es equivalente a la resolución de 90 m cerca del ecuador (mundialmente disponible);
  - Según lo mencionado, la exactitud vertical de los DEMs es menor a 16 m.

### Comentarios

Los métodos anteriores de elaboración de los DEMs, implicaban a menudo la interpolación de curvas de nivel, que podían haber sido generadas de la cartografía directa de la superficie de la tierra; este método es todavía utilizado en las áreas montañosas, donde las técnicas alternativas de sensores remotos, no funcionan siempre de manera satisfactoria. Los datos de curvas de nivel o cualquier otro conjunto de datos muestreados de elevación (p.ej. GPS) no son DEMs, sino que pueden ser considerados como Modelos Digitales del Terreno (MDTs; DTMs, por sus siglas en inglés). En el caso de un DEM, se supone que la información de la elevación está continuamente disponible en cada uno de los sitios en el área del estudio.

### Metodología

Los datos utilizados para este mapa compuesto fueron obtenidos del conjunto de datos de la SRTM-3 anteriormente mencionado (resolución de 90 m). La representación de los relieves sombreados puede ser elaborada utilizando una herramienta de procesamiento de datos raster de SIG.

### Cómo leer este Mapa

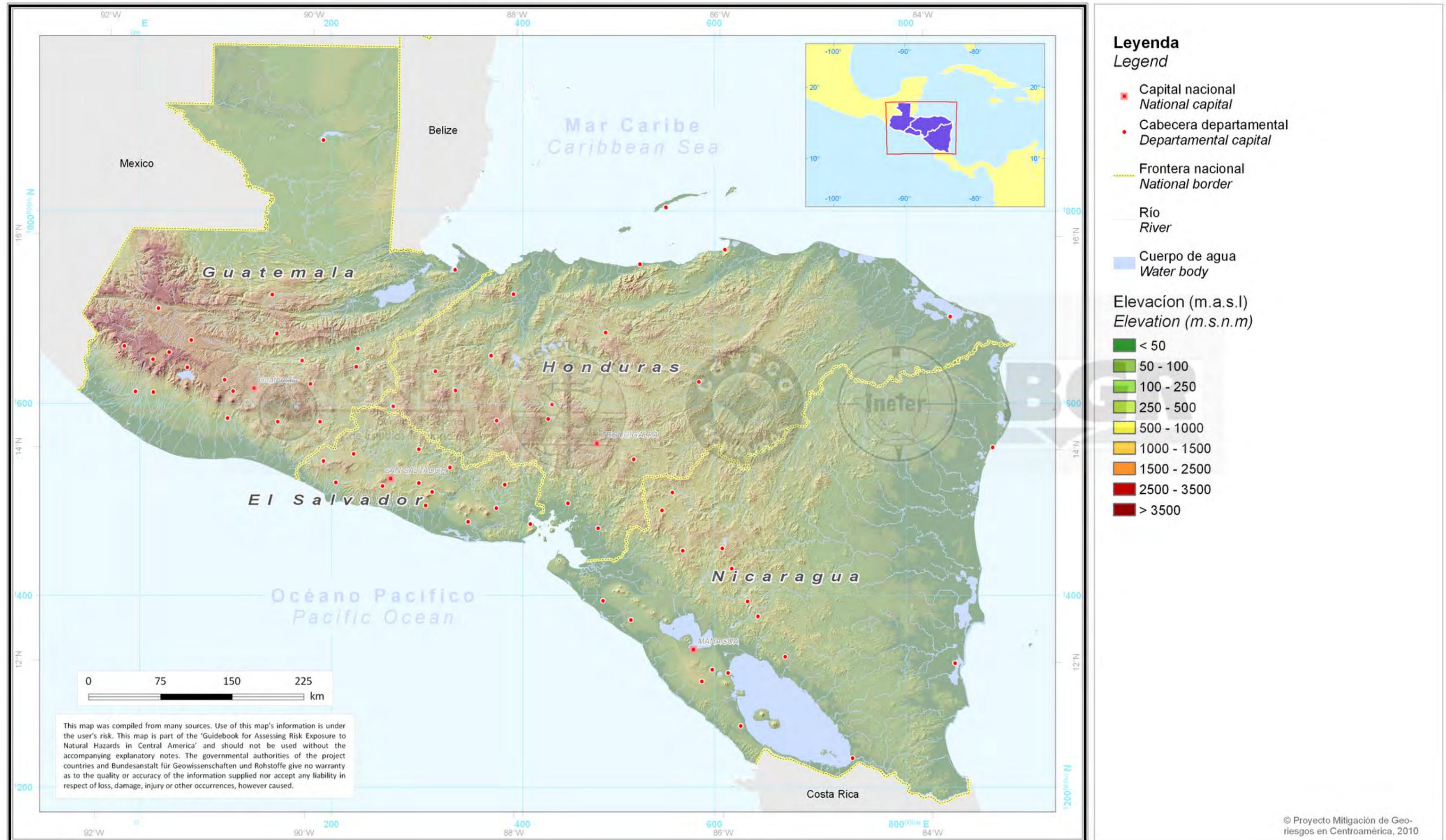
La representación de los relieves sombreados del terreno permite un vistazo a la situación geomorfológica general de los países centroamericanos del proyecto.

### Recomendaciones

Se recomienda, en lo posible, utilizar los datos mejorados del Modelo Digital de Elevación en vez de los datos de la SRTM. Tal inversión adicional se realiza, principalmente para mejorar los métodos de evaluación de amenazas, incluyendo la modelación.

# Topografía / Elevación

Topography / Elevation



Datos Básicos

## Demografía, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional demuestra la representación geográfica de las cifras de la densidad poblacional a nivel del Municipio. Los datos que se muestran se basan en el último censo de los respectivos países (véase la tabla de abajo). Para una mejor orientación, se marcaron adicionalmente las capitales de los países y las cabeceras de los 'Departamentos'.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Evaluar la exposición a los riesgos de la población (también expresada como 'las habitantes expuestas a la amenaza ...') es un desafío clave para cualquier tipo de evaluación de riesgos dentro del ciclo de Gestión del Riesgo de Desastres. Por eso, hay una necesidad sustancial de tener datos demográficos confiables a mano. Además, tal información a menudo contiene detalles significativos de las características demográficas de un país (p.ej. información por género) y, por lo tanto, proporciona también la información indirecta sobre la capacidad de afrontamiento de una sociedad.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Las siguientes autoridades gubernamentales de los países del proyecto son responsables de recolectar los datos demográficos utilizados en CARA-GIS:

País	Nombre de la Autoridad	Censo: Año/Número, Tipo
El Salvador	Ministerio de Economía (MINEC) (realizado por la Dirección General de Estadística y Censos)	2007/ VI. Censo de Población V. Censo de Vivienda
Guatemala	Instituto Nacional de Estadística (INE)	2002/ XI. Censo de Población VI. Censo de Vivienda
Honduras	Instituto Nacional de Estadística (INE)	2001/ XVI. Censo de Población V. Censo de Vivienda
Nicaragua	Instituto Nacional de Estadística y Censos de Nicaragua (INEC)/ Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE)	2005/ VIII. Censo de Población IV. Censo de Vivienda

La evaluación de exposición a los riesgos frente a geo-amenazas de la población a escala nacional, requiere los datos demográficos correspondientes. Esta información está disponible de la siguiente manera:

- **El Salvador:** La información demográfica es proporcionada por el MINEC. Se recomienda bajar esta información directamente de la página Web de la Dirección General de Estadística y Censos;
- **Guatemala:** La información demográfica es proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) (GT). Se sugiere bajar esta información de la página Web;
- **Honduras:** La información demográfica es proporcionada por el Instituto Nacional de Estadística (INE) (HN). Se recomienda bajar esta información de la página Web;
- **Nicaragua:** La información demográfica es proporcionada por el Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE). Se sugiere bajar esta información de la página Web de la institución.

### Comentarios

El mapa ilustrado está limitado a la población/densidad poblacional. Además, la información demográfica no es, simplemente, unas cifras de población, sino pone a disponibilidad muchas especificaciones más, tanto sociales como económicas.

En el proceso subsiguiente, de la evaluación de riesgos, las cifras de la densidad poblacional de las entidades administrativas deben ser espacialmente combinadas con los datos de las áreas residenciales investigadas. Se menciona sobre este paso en el capítulo 'Densidad Poblacional Modificada' en la página 60.

### Metodología

A como se mencionó ya en el capítulo 'Áreas Administrativas', página 24s, las unidades administrativas de los países del proyecto son denominados, de modo inequívoco, mediante un sistema numérico jerárquico. Estos sistemas de codificación fueron introducidos, ante todo, por parte de las autoridades nacionales de estadísticas para estructurar los datos del censo. Para el mapeo de riesgos a escala nacional o supra-regional mediante CARA-GIS, solamente las entidades administrativas 'Municipio' y 'Departamentos' son de interés. Se explica brevemente sobre el sistema de codificación en la tabla que se muestra a continuación:

País	Número de Departamentos	Código del Departamento	Número de Municipios	Código del Municipio	Ejemplo del Código Compuesto Departamento/Municipio
El Salvador	14	(1)2 dígitos * (numerado serialmente)	262	(1)2 dígitos (numerado serialmente dentro del Departamento)	1002: San Vicente: 10/Alegría: 02
Guatemala	22	(1)2 dígitos * (numerado serialmente)	331	(1)2 dígitos (numerado serialmente dentro del Departamento)	1218: San Marcos: 12/Ocos: 18
Honduras	18	(1)2 dígitos * (numerado serialmente)	298	(1)2 dígitos (numerado serialmente dentro del Departamento)	1320: Lempira: 13/San Rafael: 20
Nicaragua	15 + 2 regiones autónomas	(1)2 dígitos * (numerado serialmente)	153	(1)2 dígitos (numerado serialmente dentro del Departamento)	4055: Matagalpa: 40/San Dionisio: 55

\* en caso de procesamiento numérico, un código departamental de 1 dígito (p.ej. '5' en vez de '05') implica un código compuesto final de 3 dígitos

### Cómo leer este Mapa

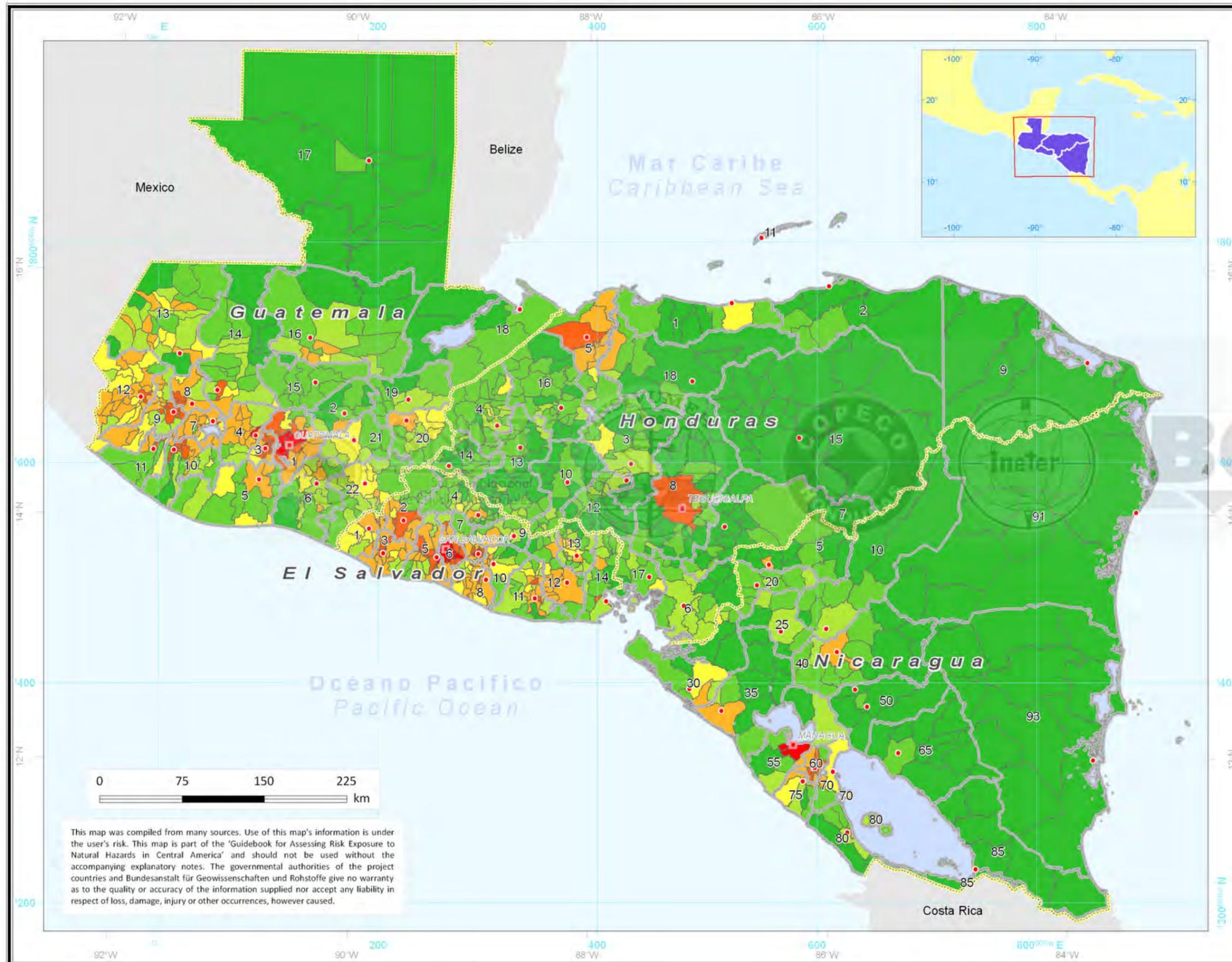
La densidad poblacional ha sido calculada, del número de habitantes por Municipio según lo mencionado en las estadísticas de cada uno de los países y del tamaño del área de cada Municipio proporcionado en los datos apropiados del SIG. En todos los países, los principales centros urbanos son evidentes y se destacan claramente. La clasificación adoptada de la leyenda se diseña de manera que se tome en cuenta la densidad poblacional de todos los países a ser considerados.

### Recomendaciones

En caso de relacionar la información del área administrativa con la información estadística, es altamente recomendable usar los códigos administrativos nacionales para que estén acorde con las fuentes oficiales durante todo el procedimiento del análisis de riesgos.

# Demografía

## Demography



### Legenda

#### Legend

- Capital nacional  
*National capital*
- Cabecera departamental  
*Departmental capital*
- Frontera nacional  
*National border*
- Límite y código departamental  
*Departmental boundary and code*

#### Densidad poblacional (habitantes/km<sup>2</sup>) *Population density (people/km<sup>2</sup>)*

- < - 50
- 51 - 100
- 101 - 150
- 151 - 200
- 201 - 500
- 501 - 1500
- > 1500

This map was compiled from many sources. Use of this map's information is under the user's risk. This map is part of the 'Guidebook for Assessing Risk Exposure to Natural Hazards in Central America' and should not be used without the accompanying explanatory notes. The governmental authorities of the project countries and Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe give no warranty as to the quality or accuracy of the information supplied nor accept any liability in respect of loss, damage, injury or other occurrences, however caused.

© Proyecto Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, 2010

## Clasificación Económica, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional demuestra en dónde se llevan a cabo ciertos tipos de actividades económicas en los países centroamericanos. Por esta razón, se reagruparon las clases de uso de suelo presentadas junto con los mapas anteriormente discutidos (véase las páginas 26 al 30) para reflejar mejor los sectores económicos, tales como, la industria, los servicios, área forestal o la agricultura.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

La exposición de los valores económicos a las amenazas naturales es de suma importancia y, por lo tanto, también un punto focal estratégico en el Gestión del Riesgo de Desastres a nivel nacional y supra-regional. Los impactos en las propiedades, los activos y los negocios tienen, con frecuencia, efectos negativos sobre el desarrollo y la recuperación de una región o una sociedad, hasta mucho después del desastre. Por lo tanto, el conocimiento sobre la tipología espacial de las actividades económicas de los países centroamericanos, proporciona una información importante sobre las potenciales amenazas al ambiente económico.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos económicos utilizados para este estudio fueron tomados de las fuentes oficiales de datos, disponibles mediante la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL; ECLAC, por sus siglas en inglés). Estas cifras son facilitadas anualmente y se puede obtener en forma impresa o bajarlas directamente de la página Web de CEPAL (para más detalles véase la página 62).

Los datos de uso/cobertura del suelo fueron compilados de los mapas cuya descripción se encuentra en las páginas 26 al 30. Los datos económicos utilizados en este libro son cifras del Producto Interno Bruto (PIB) correspondiente al año 2008 publicadas para los sectores económicos específicos de todo el país (se pueden encontrar las cifras reales en el *anexo*, en la página 106). Estas cifras reflejan los precios actuales de mercado. Se pueden encontrar los datos en la página Web de CEPAL ([http://websie.eclac.cl/anuario\\_estadistico/anuario\\_2009/eng/default.asp](http://websie.eclac.cl/anuario_estadistico/anuario_2009/eng/default.asp)).

### Comentarios

La clasificación es, por cierto, algo arbitraria y depende de la disponibilidad de los datos en cada uno de los países. Si se lleva a cabo el mismo estudio en un solo país, la agrupación puede parecer diferente.

Para entender mejor cómo se integran los datos en la metodología presentada aquí, favor consultar también la descripción de los mapas en las páginas 62 y 88.

A como se mencionó anteriormente (véase la página 28), debido a la falta de datos flexibles de uso de suelo, se tuvo que excluir a Honduras del mapeo.

### Metodología

Este mapa se basa en la suposición metodológica de que las actividades económicas, tienen lugar en uno o más tipos de uso de suelo. Por lo tanto, la actividad económica puede traducirse en patrones espaciales, usando los datos de uso o cobertura de suelo, presentados anteriormente. El indicador utilizado aquí para expresar la actividad económica es el Producto Interno Bruto (PIB), que CEPAL resume para los sectores económicos de toda la región de América Latina (véase la tabla en el *anexo* en la página 106 y el mapa en la página 62).

Para lograr la representación espacial de los sectores económicos, se debe agrupar los sectores y/o subsectores económicos a como son presentados por las cifras de la CEPAL, en los llamados grupos de vulnerabilidad económica. Un grupo de vulnerabilidad contiene actividades económicas de tipo similar, o sea, que ocurren probablemente en las clases idénticas de uso de suelo. La agrupación se logró a nivel supra-regional, es decir, los datos heterogéneos de uso/cobertura del suelo de los países participantes tuvieron que ser agrupados en categorías comunes. En general, se identificaron seis diferentes grupos de vulnerabilidad (véase las tablas en la página derecha).

País	Uso de Suelo	Uso de Suelo	CARA-GIS	Código
	Versión en Inglés	Versión en Español	Código de Valor SIG	Grupo de Vulnerabilidad
...	...	...	...	...
Nicaragua	Settlement Areas	Centros Poblados/Áreas Humanizadas	4100103	1
Nicaragua	Deciduous Forest, dense	Bosque Latifoliado Cerrado	4100108	3
Nicaragua	Mixed Forest	Bosque Mixto	4100109	3
Nicaragua	Hard Rock Outcrops	Afloramientos Rocosos	4100101	0
Nicaragua	Water	Agua	4100102	0
...	...	...	...	...
El Salvador	Airports	Aeropuertos	4100101	1
El Salvador	Fruit Trees	Árboles Frutales	4100102	2
El Salvador	Touristal and Archeological Areas	Áreas Turísticas y Arqueológicas	4100103	1
...	...	...	...	...
Guatemala	Transportation/Airports	Transporte (Aeropuertos, Puertos, Otros)	4100130	1
Guatemala	Vegetables	Hortalizas	4100212	2
Guatemala	Coffee	Café	4100221	5
...	...	...	...	...

### Cómo leer este Mapa

El mapa representa, en colores, los seis grupos de vulnerabilidad en los cuales las diversas actividades económicas fueron agrupadas. Los grupos de vulnerabilidad reflejan las actividades económicas que se pueden relacionar a las categorías de uso de suelo. El mapa, en sí, es simplemente un mapa de uso de suelo reclasificado, o en otras palabras, económicamente indexado. Sin embargo, la intención es la de tener una clasificación homogénea supra-regional para poder comparar los análisis subsiguientes.

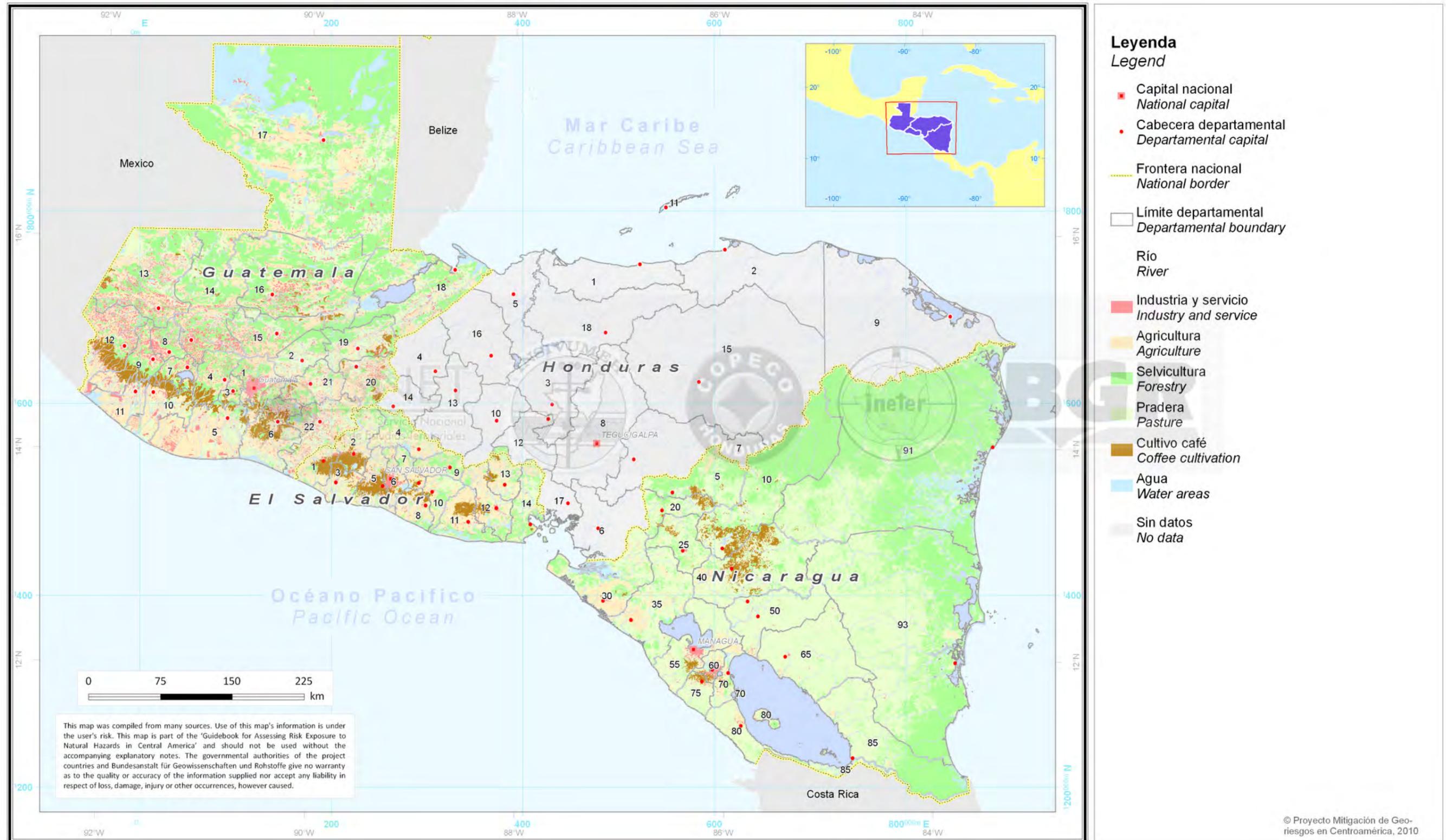
Código de Grupo de Vulnerabilidad	Descripción
0	Agua
1	Industria/Servicio
2	Agricultura
3	Área Forestal
4	Pastura
5	Café

### Recomendaciones

Como se puede ver en el proceso arriba mencionado, no existe una regla general o una solución correcta para asignar los sectores económicos a las clases de uso de suelo, aparte de las reglas del sentido común. La asignación se puede realizar mejor cuando hay una distinción, más a fondo, entre los sectores económicos y las clases de uso de suelo. Por lo tanto, la calidad de este método también depende en gran medida de la dimensión de los datos disponibles y de los resultados intencionados. Sin embargo, no se puede omitir un cierto grado de subjetividad, porque los datos de uso de suelo y los datos económicos no son recolectados de una manera sincronizada, teniendo en mente que se necesita combinarlos y utilizarlos juntos.

# Clasificación Económica

*Economic Classification*



Datos Básicos



## Amenaza / Susceptibilidad

***¡Sin amenaza, sin riesgo!*** Esta declaración aparentemente simple acentúa el papel fundamental de la información de amenazas en el proceso de evaluación de riesgos. En los países centroamericanos del proyecto, varias agencias gubernamentales están autorizadas a evaluar las amenazas y publicar los resultados, como un documento oficial, en forma de mapas, guías, informes, etc.

El objetivo de los mapas de amenaza es presentar, al público de manera convincente, la información sobre el alcance de los posibles peligros en el entorno circundante. Sobre todo, tales mapas esquemáticos definen las diferentes intensidades o probabilidades de una amenaza específica como zonas codificadas en color, según el principio, bien conocido, del semáforo.

En otras palabras, de una forma profesional, un mapa de amenaza geológica llena el vacío entre un fenómeno geológico y un potencial, que puede causar daño a las actividades sociales. Indudablemente, un mapa de amenaza geológica es uno de los instrumentos más adecuados para sensibilizar a las personas sobre los peligros geológicos a los cuales ellas están potencialmente expuestas.

Más allá de eso, los mapas de amenazas son un factor crucial para consolidar la capacidad de afrontamiento de una sociedad dentro del alcance de las actividades de Gestión del Riesgo de Desastres, especialmente en el contexto de preparación y mitigación. Los mapas de amenaza son invaluable, ya que pueden ser más que todo aplicados de manera versátil:

- Como un recurso para la planificación de uso de suelo y desarrollo;
- Como un recurso primordial para las actividades empresariales planificadas, p.ej. proyectos de construcción (sector público/privado);
- Como un recurso para establecer los sistemas de evacuación y/o rutas de escape;
- Como un recurso para ampliar los sistemas existentes de alerta temprana;
- Como un recurso para la industria de seguros para que ésta adapte continuamente su esquema de prima a la información más reciente de amenazas espaciales.

En el siguiente capítulo, se muestra y se discute, de modo conciso, el conjunto de mapas de amenaza nacionales y supra-regionales. Además, como se debe distinguir entre 'mapas de susceptibilidad' y 'mapas de amenaza', se presenta una explicación breve en este momento:

Un *mapa de susceptibilidad* proporciona la información espacial sobre la propensión de un área determinada a la ocurrencia de un acontecimiento amenazante. En otras palabras, responde a la pregunta *¿dónde puede ocurrir un evento amenazante?* Este tipo de mapa es ampliamente utilizado para evaluar el potencial de una región a ser susceptible a los movimientos de masa, mediante la incorporación de inventarios de deslizamientos y/o parámetros geomorfológicos, geológicos y sobre la mecánica de suelos.

Un *mapa de amenaza* se enfoca además en el componente de tiempo, respondiendo a la pregunta *¿cuándo podría ocurrir un evento amenazante? o ¿cuál es la frecuencia o la probabilidad de la ocurrencia?*

Ha sido señalado que los términos 'susceptibilidad (mapa)' y 'amenaza (mapa)' se usan frecuente como sinónimos, siendo esto aceptado por la comunidad científica.

Todas las actividades subsiguientes de evaluación de exposición a los riesgos, se basan en el libre acceso a los mapas de amenaza y susceptibilidad. La mayoría de estos mapas fueron elaborados por las autoridades gubernamentales nacionales durante los últimos años, de los cuales algunos fueron productos de la colaboración con los socios externos, tal como en el caso del proyecto 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica', entre otros.

## Amenaza Sísmica, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional demuestra la amenaza sísmica con el período de retorno de 500 años en los países centroamericanos. Adicionalmente, el mapa contiene la información sobre los epicentros de los terremotos registrados de dicha región. Para una mejor legibilidad, los epicentros han sido clasificados tomando en cuenta lo siguiente:

- Su magnitud ( $M_w$ ), limitada a  $M_w > 5.5$  (cuanto más grande el círculo, más alta la magnitud);
- Su profundidad (km), subdividida en tres clases: < 25 km/sismicidad superficial, 25-60 km/sismicidad intermedia; > 60 km/sismicidad profunda (codificada en colores, véase la leyenda del mapa).

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Este mapa representa la fuente principal de información con respecto a la amenaza por terremotos dentro del proceso supra-regional de evaluación de riesgos. Tales mapas de amenaza sísmica son relevantes para la ingeniería antisísmica. Dichos mapas necesitan la información relacionada espacialmente (geográficamente) sobre el potencial de la sacudida del suelo, expresada en forma de 'aceleración pico del suelo' (pga, por sus siglas en inglés) que las estructuras diseñadas (p.ej. infraestructura crítica) deben soportar. Por lo tanto, en contraste con la escala de Richter, la sacudida del suelo no es una medida del tamaño total de un terremoto. Para reducir la exposición al terremoto, la ingeniería sísmica, en debida conformidad con las normas de construcción, depende de tal información básica para el diseño y el mantenimiento de las estructuras diseñadas.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

El mapa demuestra un extracto ejemplificante de los resultados finales del análisis probabilístico de amenazas sísmicas (PSHA, por sus siglas en inglés) en Centroamérica, realizado dentro del proyecto RESIS-II. Este proyecto fue financiado conjuntamente por la Agencia Noruega para la Cooperación al Desarrollo (NORAD) y CEPREDENAC y conducido por varios sismólogos de las autoridades gubernamentales centroamericanas, Noruega y España. RESIS-II representa el último estudio en la evaluación de la amenaza sísmica para los países de Centroamérica. El proyecto se culminó en el 2008. Toda la información está publicada en BENITO ET AL. (2008).

### Comentarios

Además del mapa de amenaza sísmica, período de retorno de 500 años, utilizado como un ejemplo en CARA-GIS, se realizó el cálculo para otros mapas de amenaza sísmica con un período de retorno de 1000 años y 2500 años respectivamente.

### Metodología

Los resultados de RESIS-II se basan en los catálogos sísmicos de los países centroamericanos que reflejan la sismicidad histórica (las primeras anotaciones pertenecen al siglo XVI) y terminan con los datos instrumentales de las redes sísmicas regionales y globales (mantenimiento de registros desde 1900). La información que especifica las regiones tectónicamente activas (fallas) fue también incorporada en el cálculo de la amenaza sísmica. Además, se tomaron en cuenta los resultados de los estudios anteriores sobre la atenuación de las ondas sísmicas propensas a la distancia. Los resultados demostrados se apoyan en la suposición de las condiciones subyacentes litológicas heterogéneas de la corteza (roca dura/suelo).

Considerando la definición probabilística de la amenaza sísmica expresada como la probabilidad de exceder cierto nivel de movimiento del suelo dentro de cierto período de tiempo, se debe especificar qué nivel de movimiento del suelo se estima peligroso y en qué período de tiempo se espera que ocurra tal movimiento del suelo.

Generalmente, para caracterizar este movimiento se consideran los valores máximos históricos del tiempo correspondiente a los parámetros, como por ejemplo la aceleración, la velocidad, el desplazamiento dentro de ciertas gamas de frecuencias, los períodos o los valores espectrales. En RESIS-II, se utiliza la aceleración máxima del terremoto o la aceleración pico del suelo (pga) (expresada en  $g$  como la aceleración debida a la gravedad,  $m s^{-2}$ ;  $1 g = 9.81 m s^{-2}$  o gal).

Para evaluar la amenaza sísmica en cualquier sitio de Centroamérica, se calculó la probabilidad de la ocurrencia de terremotos de diferentes magnitudes que puede afectar la región.

### Cómo leer este Mapa

Las zonas del mapa codificadas en color, demuestran los valores de movimiento del suelo (pga) con una probabilidad de 10 % de ser excedidas en un período de tiempo de 500 años. Esto significa que la posibilidad de que los movimientos del suelo no sobrepasen estos valores después de un terremoto en un período de tiempo de 500 años es de 90 %.

Para un mejor entendimiento de la interacción entre la 'probabilidad' y el 'período de retorno', se presenta un ejemplo explicativo de Suiza/PLANAT (suposición: la vida útil prevista de una estructura es de 50 años):

	Probabilidad (en %)	Período de Retorno (en Años)
Alta	100-82	1 - 30
Mediana	82 - 40	30 - 100
Baja	40 - 15	100 - 300

Los valores del movimiento del suelo que resultan de esta suposición, son los parámetros típicos de la ingeniería antisísmica. Las estructuras diseñadas tienen que ser dimensionadas de manera que sean capaces de soportar el movimiento del suelo indicado en el mapa de amenaza sísmica. La mayoría de los países que han implementado las normas de construcción, actualmente adoptan dos diferentes suposiciones (compare también con Eurocode 8):

- **Verificación de la capacidad de resistencia de una estructura expuesta al movimiento del suelo:** una estructura debe resistir a una falla total, causada por un terremoto con un período de retorno de 475 años, que equivale a una probabilidad de excedencia de 10 % en 50 años (vida útil prevista del edificio). Este enfoque está dirigido principalmente a salvaguardar las vidas;
- **Verificación del uso general de una estructura expuesta al movimiento del suelo:** una estructura debe resistir un terremoto más pequeño, con un período de retorno de 95 años correspondiente a una probabilidad de excedencia de 10 % en 10 años y cause ningún daño o daños menores y, por lo tanto, menor pérdida tangible.

En la tabla de abajo se coteja las zonas de amenaza sísmica con valores de pga correspondientes, tal como se mapearon, complementándolos con algunos valores reales de pga (500 años) calculados para las capitales de los países del proyecto según RESIS-II y las Intensidades Modificadas de Mercalli (MMI, por sus siglas en inglés).

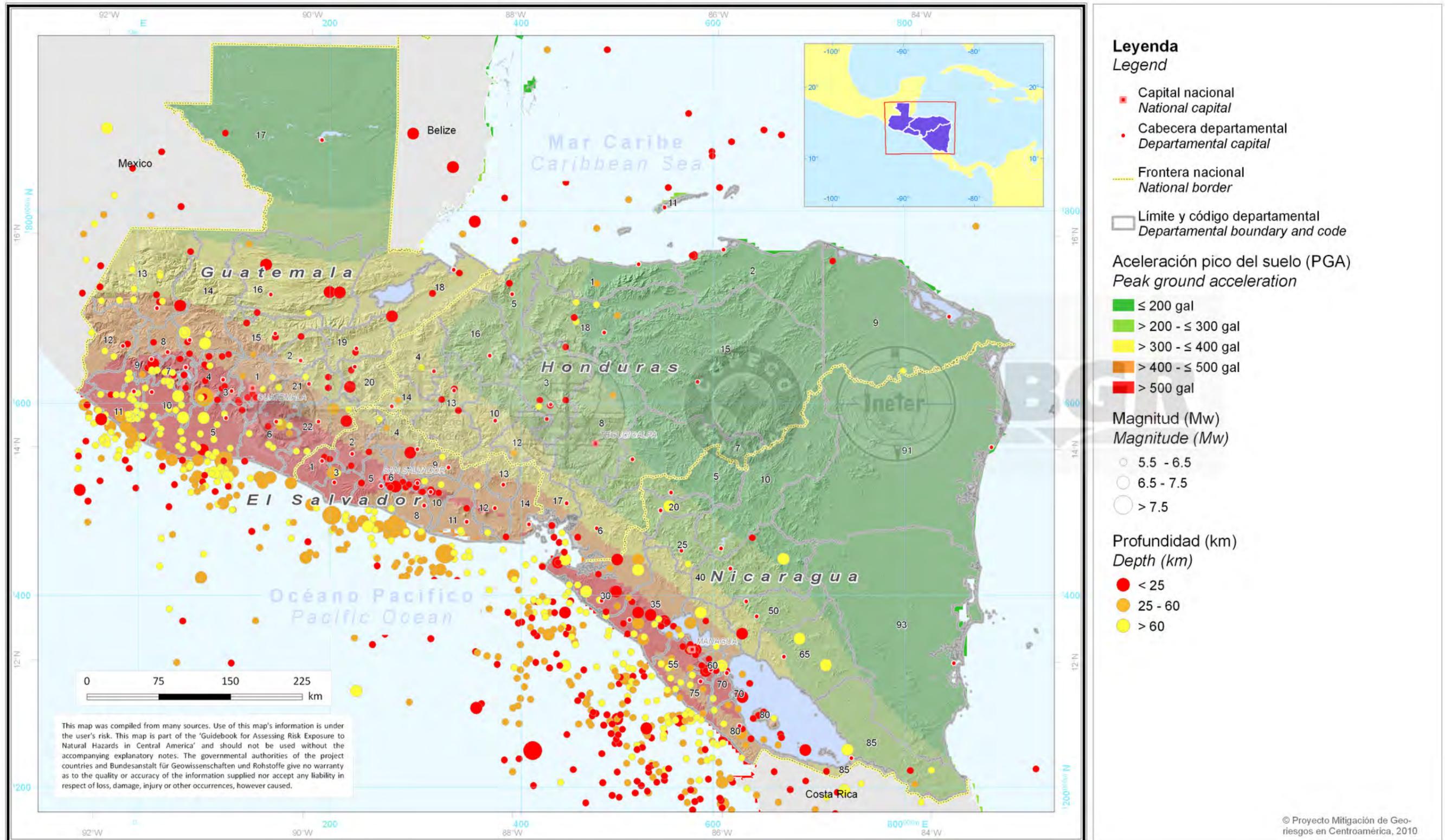
Zona de Amenaza Sísmica	Aceleración Pico del Suelo (gal)	Intensidad Modificada de Mercalli (MMI)
<i>Ejemplos: Capitales de los Países del Proyecto</i>	<i>Valores Calculados de PGA Según RESIS-II (500 años)</i>	
Muy alta	> 500	VIII
<i>Ciudad de Guatemala</i>	<i>524</i>	Daño leve en estructuras especialmente diseñadas; considerable daño en edificios sólidos ordinarios con derrumbamiento parcial; daño grande en estructuras mal construidas; caída de chimeneas, apilamientos en las fábricas, columnas, monumentos y paredes; muebles pesados volcados (VIII).
<i>Managua</i>	<i>507</i>	
<i>San Salvador</i>	<i>510</i>	
Alta	400 - 500	VII - VIII
		Daño insignificante en edificios bien diseñados y construidos; daño leve a moderado en estructuras ordinarias bien construidas; considerable daño en estructuras pobremente construidas o mal diseñadas; algunas chimeneas destruidas (VII).
Mediana	300 - 400	VII
Baja	200 - 300	VI
	<i>Tegucigalpa</i>	<i>231</i>
Muy baja	< 200	V - VI
		Perceptible por casi todas las personas; muchas se despiertan; algunos platos y ventanas rotos; objetos inestables volcados; relojes de péndulo pueden detenerse (V).

### Recomendaciones

La aplicación de las normas de construcción adaptadas a las necesidades de los países centroamericanos es el paso fundamental para reducir el riesgo sísmico.

# Amenaza Sísmica, Periodo de Retorno 500 Años

Seismic Hazard, Return Period 500 years



Amenaza / Susceptibilidad

## Amenaza Volcánica (Caída de Ceniza): Ejemplo El Salvador

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional ilustra el extracto simplificado de los mapas oficiales de amenazas volcánicas de los volcanes de Santa Ana (al oeste) y San Miguel (al este) que contienen la información espacial sobre el escenario más probable de la amenaza volcánica de caída de ceniza (escenario 1, véase la página al lado derecho).

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

La caída de ceniza puede ser la amenaza volcánica que tiene la extensión geográfica más grande y, por lo tanto, de mayor importancia para la evaluación de riesgos a nivel nacional y supra-regional (tenga en cuenta el impacto que causó la nube de cenizas del Volcán Eyjafjallajökull/Islandia en el tráfico aéreo de Europa en el 2010).

Los mapas oficiales de amenaza volcánica, en gran escala de El Salvador, proporcionan la información valiosa para que los planificadores espaciales desarrollen, eficientemente, el escenario de evacuación, rescate y refugio para prepararse en caso de erupciones volcánicas potenciales.

El mapa simplificado de amenaza volcánica presentado, es el aporte principal para evaluar como ejemplo, la exposición de los diferentes indicadores de vulnerabilidad a los depósitos de la caída de ceniza volcánica en los alrededores de los dos volcanes activos a nivel nacional. En otras palabras, se puede mejorar la información existente de amenazas volcánicas, mediante la información sobre los riesgos potenciales resultantes, adecuados para incorporarse en las actividades de Gestión del Riesgo de Desastres.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

La autoridad gubernamental, el Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET), tiene la facultad de monitorear los volcanes y evaluar/mapear las amenazas volcánicas en El Salvador.

Debido a la actividad volcánica en curso (emisión de gas, caída de ceniza), cuatro de los ocho volcanes activos en El Salvador (Santa Ana, San Salvador, San Miguel, Izalco) están actualmente bajo la vigilancia especial. Por lo tanto, la mayoría de estos volcanes han sido recientemente investigados y mapeados en detalle, siendo evaluado su potencial amenazante. El SNET actualmente proporciona mapas de amenazas volcánicas específicos de un sitio determinado en su página Web, a como se menciona a continuación (editados: abril, 2010):

Nombre del Volcán	Mapa de Amenaza/Edición	URL
Santa Ana	'Mapa Preliminar de Amenaza Volcánica Complejo Volcánica de Santa Ana'/2004	<a href="http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/MAVSA.pdf">http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/MAVSA.pdf</a>
San Salvador	'Volcanic Hazards in the San Salvador Region, El Salvador' (en inglés)/2001	<a href="http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/laharmVSS2.pdf">http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/laharmVSS2.pdf</a>
San Miguel	'Mapa de Escenarios de Amenaza Volcánica - Volcán de San Miguel o Chaparrastique'/2004	<a href="http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/MAVSM.pdf">http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/MAVSM.pdf</a>
San Vicente	'Volcano-Hazard Zonation for San Vicente Volcano, El Salvador' (en inglés)/2001	<a href="http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/laharmVSV.pdf">http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/laharmVSV.pdf</a>

Toda la información, sobre las amenazas volcánicas de los dos estudios de caso en CARA-GIS, fue digitalmente proporcionada por el SNET en formato de archivo de ESRI GIS (shp) listo para utilizar (edición: véase la tabla arriba).

### Comentarios

Los dos posters que se muestran en el *anexo* (véase la página 102ss) abarcan el espectro entero de las posibles amenazas volcánicas (p.ej. flujos de lava, flujos piroclásticos, lahares, etc.) y refleja la complejidad de su evaluación. Enfocándose en el nivel local, la mayoría de estas amenazas volcánicas examinadas, puede ser analizada fácilmente usando CARA-GIS en cuanto a su potencial de riesgos.

### Metodología

Los resultados del mapeo de las amenazas volcánicas de los volcanes Santa Ana y San Miguel presentan una sinopsis de la información histórica sobre las erupciones volcánicas, el trabajo de campo y los resultados de las modelaciones que han sido realizadas de manera exhaustiva por el SNET en cooperación con la Universidad Autónoma de México (UNAM) y el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés).

Generalmente, la evaluación de la caída de ceniza volcánica de los sitios específicos en El Salvador se basa en la información sobre:

- El volumen del material emitido;
- La altura de la columna eruptiva;
- La dirección del viento predominante.

Para el volcán Santa Ana, se definieron tres diferentes escenarios de caída de ceniza, siendo el primero el más probable (véase el *anexo*, página 102s):

- **Escenario 1:** Área potencialmente afectada por la caída de ceniza, en base a la información espacial verificada del depósito de la caída de ceniza de los eventos históricos, en particular de la última erupción de Santa Ana en 1904. Este escenario proporciona el parámetro introducido al mapa de exposición a los riesgos de CARA-GIS (véase la página 70);
- **Escenario 2:** Área potencialmente afectada por la caída de ceniza, suponiendo una columna eruptiva de 5 km de altura;
- **Escenario 3:** Área potencialmente afectada por la caída de ceniza, suponiendo una columna eruptiva de 14 km de altura y diferentes condiciones de viento (enfoque de época seca/época lluviosa).

Para el Volcán San Miguel, se definieron tres diferentes escenarios de la caída de ceniza, siendo el primero el más probable (véase el *anexo*, página 102s):

- **Escenario 1:** Área potencialmente afectada por la caída de ceniza, suponiendo una erupción volcánica de pequeña magnitud con depósito de caída de ceniza de hasta 5 cm. Este escenario proporciona el parámetro introducido al mapa de exposición a los riesgos de CARA-GIS (véase la página 70);
- **Escenario 2:** Área potencialmente afectada por la caída de ceniza, suponiendo una erupción volcánica moderada pero menos probable en comparación con el escenario 1; tal erupción puede causar depósito de ceniza entre 5 m (proximal) y 5 cm (distal);
- **Escenario 3:** Área potencialmente afectada por la caída de ceniza, suponiendo una erupción volcánica fuerte pero menos probable en comparación con el escenario 2; tal erupción puede causar depósitos de ceniza entre 4 cm y 3 mm.

### Cómo leer este Mapa

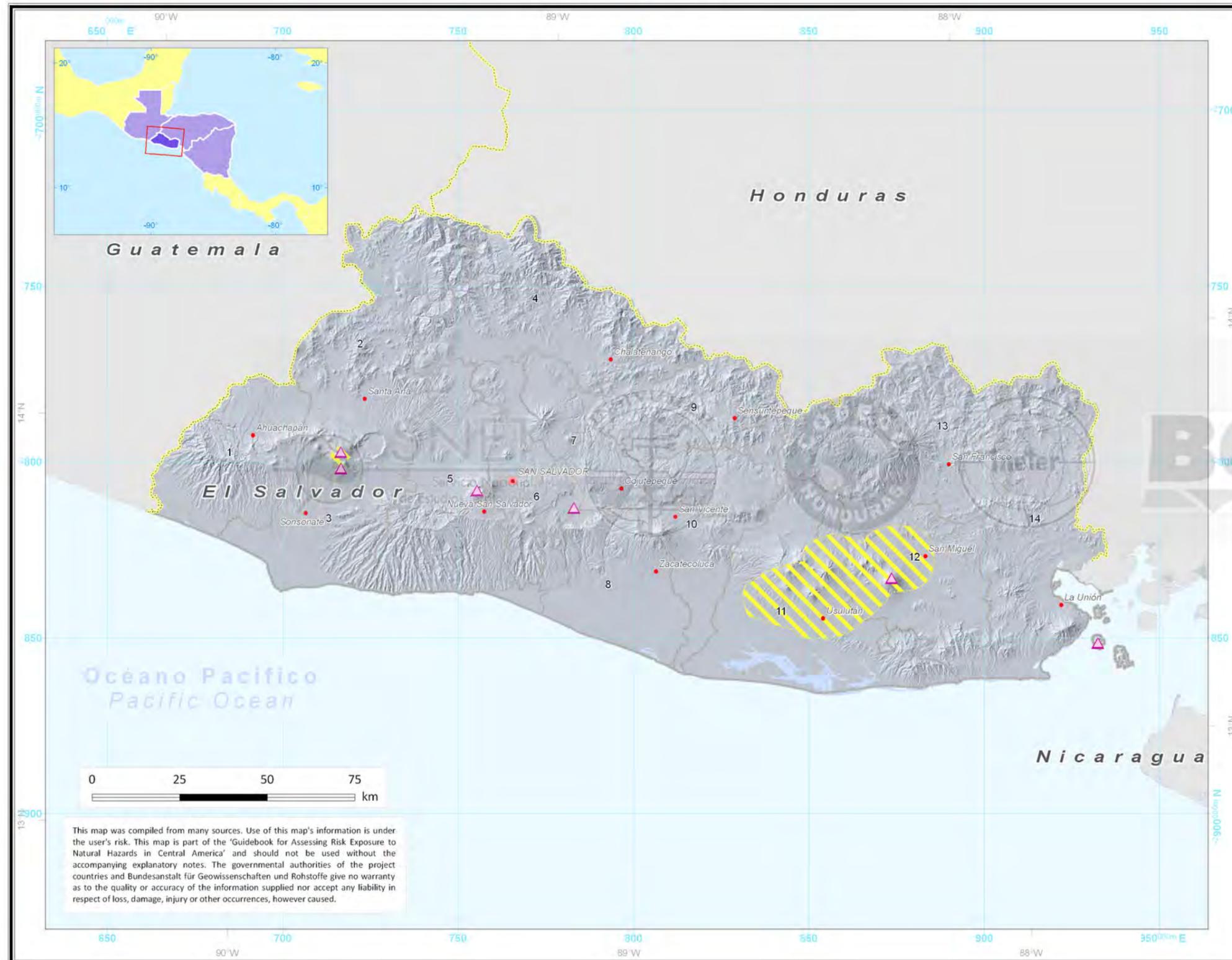
El mapa indica el alcance geográfico del escenario de la caída de ceniza más probable de los volcanes activos de Santa Ana y San Miguel. Según los escenarios seleccionados, las áreas evaluadas como potencialmente afectadas por la caída de ceniza, están sombreadas con líneas en color amarillo. Más allá de eso, los otros seis volcanes activos de El Salvador son marcados con un pequeño triángulo. Debido a la escala, no se presentan en el mapa las otras amenazas volcánicas (p.ej. flujos de lava).

### Recomendaciones

Se recomienda establecer normas obligatorias (estándares) para el mapeo de amenazas volcánicas en Centroamérica a diferentes escalas, aplicando un criterio imparcial (p.ej. diámetros definidos de la zona de amortiguación de la caída de ceniza), facilitando de esta manera, la comparación de los diferentes volcanes entre sí a nivel nacional y supra-regional.

## Amenaza Volcánica (Caída de Ceniza)

Volcanic Hazard (Ash Fall)



### Leyenda Legend

- Capital nacional  
National capital
- Cabecera departamental  
Departamental capital
- Frontera nacional  
National Border
- Límite y código departamental  
Departamental boundary and code
- Límite municipal  
Municipal boundary
- Amenaza Volcánica  
Volcanic hazard
- Caída de ceniza  
Ash fall
- ▲ Volcán históricamente activo  
Historically active volcano

© Proyecto Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, 2010

## Amenaza Volcánica (Lahares): Ejemplo Guatemala

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional ilustra el extracto simplificado de los mapas oficiales de algunas de las amenazas volcánicas en Guatemala. Se presentan las zonas de alcance máximo del lahar para los volcanes Tacaná, Cerro Quemado (Almolonga), Santiaguito, Fuego y Pacaya. Además se muestra la ubicación de los volcanes enumerados por el Programa Global de Vulcanismo (GVP, por sus siglas en inglés) de la institución Smithsonian. El tipo de actividad de los volcanes se categoriza según la clasificación de la institución Smithsonian.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

El lahar es uno de los fenómenos más peligrosos asociados con los volcanes. El conocimiento sobre el alcance y la trayectoria potencial es de extrema importancia cuando se lleva a cabo la planificación específica de un sitio.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos presentados en este mapa fueron extraídos de los mapas enumerados en la tabla de abajo. Con excepción del mapa del volcán Fuego, ya que estos mapas se produjeron con la ayuda del proyecto internacional de cooperación de la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA, por sus siglas en inglés), entre el 2000 y el 2003. Dicho proyecto fue ejecutado conjuntamente con varias agencias gubernamentales guatemaltecas (IGN, INSIVUMEH, SEGEPLAN). Parcialmente, estos mapas se basan en el mapeo llevado a cabo en los años 70 por la Universidad Tecnológica de Michigan. Se pueden bajar algunos de los mapas de la página Web del INSIVUMEH.

Toda la información digital utilizada en CARA-GIS ha sido proporcionada por el INSIVUMEH en formato de archivo de ESRI GIS (shp).

Nombre del Volcáno	Fuente	Escala
Tacaná	INSIVUMEH, con JICA	1:25 000, 1 hoja
Cerro Quemado/Almolonga	INSIVUMEH, con JICA	1:25 000, 4 hojas
Fuego/Acatenango	INSIVUMEH, con USGS	Sin version impresa
Pacaya	INSIVUMEH, con JICA	1:25 000, 4 hojas
Santiaguito/Santa Maria	INSIVUMEH, con JICA	1:25 000, 5 hojas

### Comentarios

El Programa Global de Vulcanismo de la institución Smithsonian (<http://www.volcano.si.edu/>) enumera un total de 22 volcanes en Guatemala, 6 de los cuales son categorizados como históricamente activos. En el caso del volcán Fuego, se elaboraron incluso dos mapas de amenazas en el pasado. Los datos utilizados aquí se tomaron de VALLANCE ET AL., (2001).

### Metodología

A como se mencionó a la izquierda, los datos presentados aquí se tomaron de una serie de mapas exhaustivos de amenaza volcánicas, oficialmente publicados por el INSIVUMEH. Se pudieron utilizar solamente los datos que estaban disponibles en formatos digitales, listos para SIG. El alcance de los lahares, así como las otras características, son los resultados de las modelaciones realizadas por los proyectos mencionados anteriormente. Para los detalles de las modelaciones, recurra a estos proyectos.

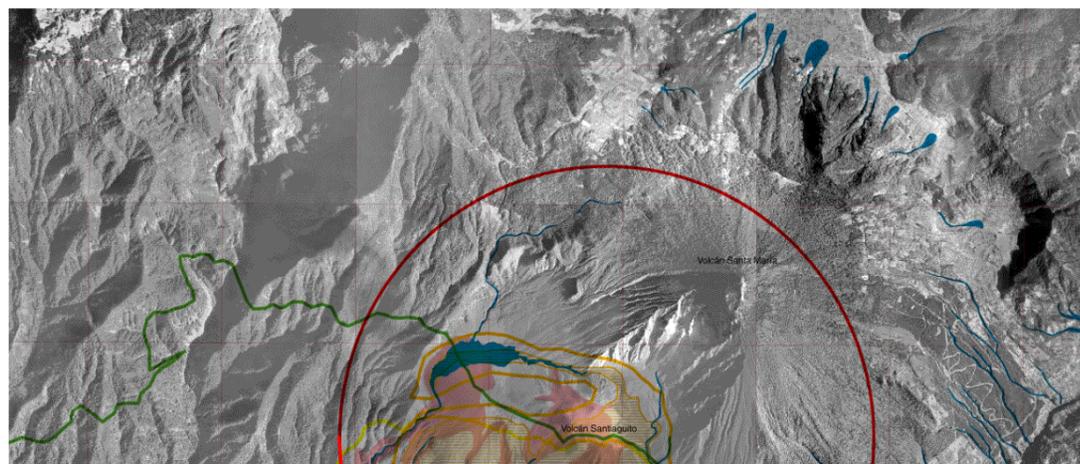
### Cómo leer este Mapa

Las áreas púrpuras representan el alcance más extenso del modelo del lahar correspondiente a cada uno de los volcanes. Para una mejor legibilidad y por propósitos cartográficos, se realizó el contorno (color más subido). Además, las ubicaciones de los volcanes según la lista del GVP se muestran categorizadas por el estado de actividad. Se explican estas categorías de actividad de manera detallada en el página Web del GVP (véase arriba).

### Recomendaciones

Para los estudios y la planificación local, se recomienda consultar y obtener los mapas detallados mencionados anteriormente. Para la información actualizada sobre el nivel de alerta de los volcanes en Guatemala, también recurra a la página Web del INSIVUMEH.

Obviamente, no se han producido mapas de amenazas volcánicas para todos los volcanes activos de Guatemala. Por lo tanto, se recomienda también desarrollar los mapas de amenazas para los volcanes restantes.



Una parte reducida del Mapa de Amenaza Volcánica del volcán Santiaguito  
fuente: INSIVUMEH, página Web

Para más detalles, consulte las siguientes fuentes:

INSIVUMEH, Departamento de Investigación y Servicios Geológicos

<http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica.html>

[http://www.insivumeh.gob.gt/mapas/Mapas\\_de\\_Amenaza\\_Volcanica.htm](http://www.insivumeh.gob.gt/mapas/Mapas_de_Amenaza_Volcanica.htm)

[http://www.insivumeh.gob.gt/mapas/Mapas\\_de\\_Amenaza\\_Volcanica.htm](http://www.insivumeh.gob.gt/mapas/Mapas_de_Amenaza_Volcanica.htm)



## Amenaza Volcánica (Caída de Ceniza): Ejemplo Nicaragua

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional muestra el extracto simplificado de los mapas oficiales de amenaza volcánicas en Nicaragua (INETER, 1995) y representa el máximo alcance espacial posible afectado por los depósitos de la caída de ceniza durante las erupciones volcánicas. Más allá de eso, todos los volcanes históricamente activos en Nicaragua a lo largo de la cadena volcánica fueron marcados con un pequeño triángulo. Debido a la escala, no se incluyeron las otras amenazas volcánicas (p.ej. flujos de lava).

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

El mapa oficial de amenaza volcánica de Nicaragua (INETER, 1995) proporciona información valiosa para los planificadores territoriales a escala nacional. Tal mapa es de menor importancia para el desarrollo de los escenarios detallados de evacuación, rescate y refugio que se deben preparar para las erupciones volcánicas potenciales. Basado en este mapa oficial de amenaza volcánica, el extracto simplificado presente, es el aporte principal para evaluar la exposición de los diferentes indicadores a los depósitos volcánicos potenciales de la caída de ceniza en los alrededores de los volcanes a nivel nacional. En otras palabras, la información existente de amenaza volcánica, a escala nacional, puede ser complementada por la información de riesgos resultantes de los volcanes históricamente activos y adecuada para ser integrada en las actividades de Gestión del Riesgo de Desastres a nivel nacional.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

La autoridad gubernamental, el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), tiene la facultad de monitorear los volcanes y evaluar/mapear las amenazas volcánicas en Nicaragua. Aparte del mapa nacional de amenazas volcánicas a escala de 1:400 000 (INETER, 1995), se elaboraron varios mapas detallados de las amenazas volcánicas específicos en los últimos años. Para más información, consulte HUETE (2001). Actualmente, dos de estos mapas son accesibles en la página Web de INETER:

Nombre del Volcán	Mapa de Amenaza/Edición	URL
San Cristóbal	Amenazas asociadas al volcán San Cristóbal/ no información	<a href="http://mapserver.ineter.gob.ni/website/Mapas/cristobal/viewer.htm">http://mapserver.ineter.gob.ni/website/Mapas/cristobal/viewer.htm</a>
Concepción	Mapa de Amenazas del volcán Concepción/ no información	<a href="http://mapserver.ineter.gob.ni/website/Mapas/conce/viewer.htm">http://mapserver.ineter.gob.ni/website/Mapas/conce/viewer.htm</a>

Toda la información sobre el mapa nacional de amenaza volcánica, incorporada en CARA-GIS, fue proporcionada en forma digital por INETER en formato de archivo de ESRI GIS (shp) (editados: 1995, preparada para CARA-NI-GIS en 6/2009). Se puede adquirir el mapa nacional de amenazas volcánicas de Nicaragua a escala de 1:400 000 (INETER, 1995) en versión impresa y en archivo digital en el local 'venta de mapas' del INETER con precio de US\$ 50 respectivamente.

### Comentarios

El mapa nacional de amenazas volcánicas contiene no solamente la información sobre los posibles escenarios de caída de ceniza sino también sobre una gama de otras amenazas volcánicas relevantes (p.ej. flujo de lava, lahares).

### Metodología

Enfocándose exclusivamente en el escenario de la caída de ceniza, el mapa nacional de amenazas volcánicas fue desarrollado paso a paso a como sigue (paso 3: ajuste específico para CARA):

1. Evaluación a gran escala de las amenazas volcánicas correspondientes a un sitio específico que incorpora los resultados del reconocimiento de campo de mapeo e investigaciones científicas publicadas sobre los eventos volcánicos históricos en Nicaragua. Por consiguiente, las líneas de contorno que representan el alcance máximo de los depósitos de cenizas causados por los diferentes tipos de erupciones (freatoplina, pliniana y estromboliana), fue trazado en el primer paso para cada uno de los volcanes. Aunque la disminución dependiente de la distancia en el tamaño de los granos y el espesor del depósito es una característica de las erupciones volcánicas, no se ha hecho otra clasificación más en detalle;
2. Superimposición de la información espacial de la caída de ceniza para todo los tipos de erupciones a escala nacional; esto resulta en un traslape parcial de las líneas de contorno de la caída de ceniza entre los volcanes vecinos;
3. (CARA-GIS: creación de un conjunto digital 'disuelto' de las líneas de contorno que define el alcance máximo de los depósitos de cenizas para todos los volcanes a ser tomados en cuenta).

### Cómo leer este Mapa

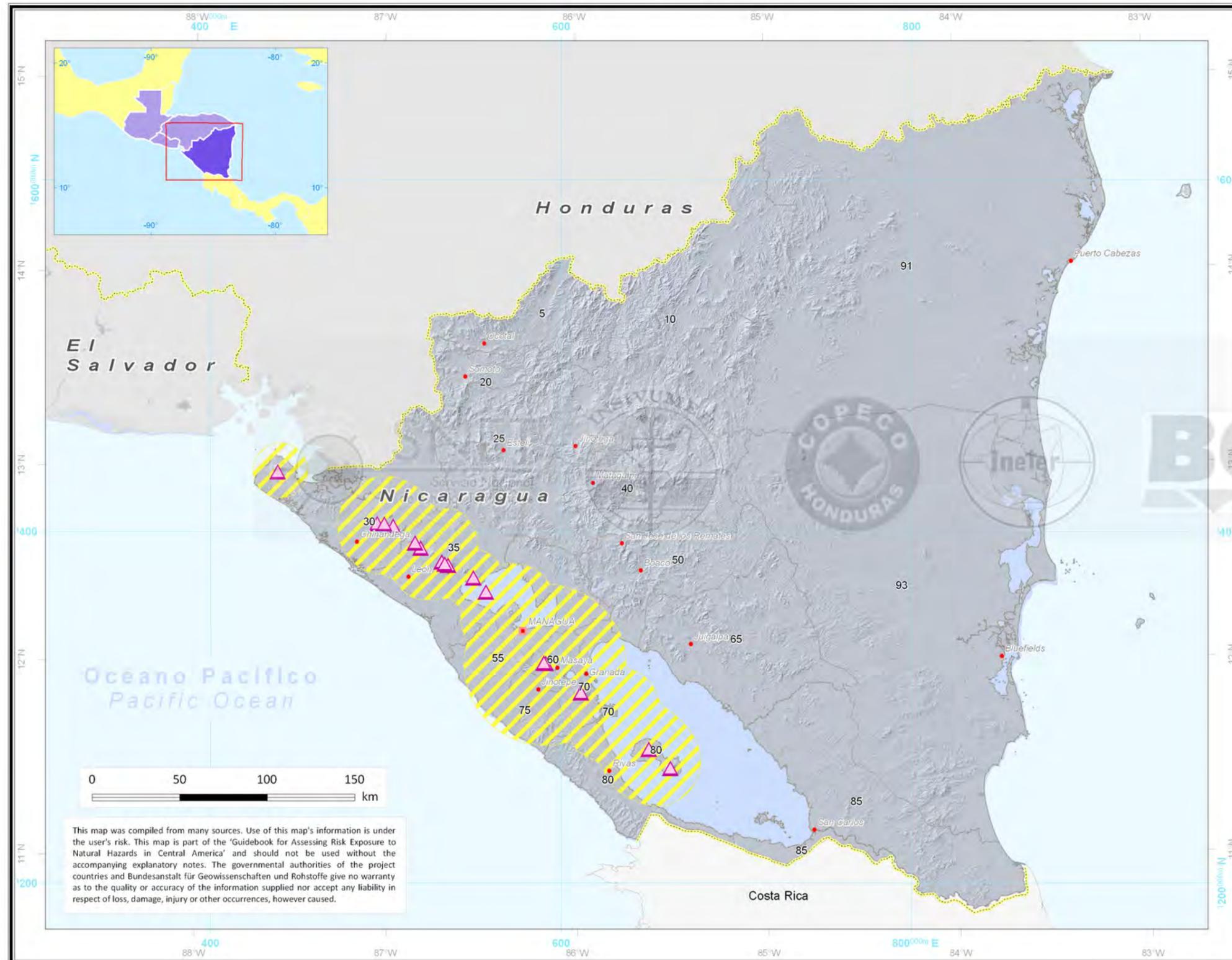
El mapa sintetiza la información sobre el alcance geográfico máximo probable de los depósitos de la caída de ceniza causados por las erupciones volcánicas en Nicaragua. Estas áreas están sombreadas con líneas en color amarillo. Sin embargo, el escenario mapeado no implica la suposición de erupciones simultáneas de todos los volcanes. Se escogió este acercamiento solamente para evaluar los riesgos ante la caída de ceniza volcánica a escala nacional, para llamar la atención de las partes interesadas en este peligro significativo (véase la página 48).

### Recomendaciones

Se mencionan en el inciso de recomendaciones de la página 44.

## Amenaza Volcánica (Caída de Ceniza)

Volcanic Hazard (Ash Fall)



### Leyenda Legend

- Capital nacional  
National capital
- Cabecera departamental  
Departamental capital
- Frontera nacional  
National border
- Límite y código departamental  
Departamental boundary and code
- Límite Municipio  
Boundary of Municipios
- Amenaza volcánica**  
**Volcanic hazard**
- ▨ Caída de ceniza  
Ash fall
- ▲ Volcán históricamente activo  
Historically active volcano

This map was compiled from many sources. Use of this map's information is under the user's risk. This map is part of the 'Guidebook for Assessing Risk Exposure to Natural Hazards in Central America' and should not be used without the accompanying explanatory notes. The governmental authorities of the project countries and Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe give no warranty as to the quality or accuracy of the information supplied nor accept any liability in respect of loss, damage, injury or other occurrences, however caused.

© Proyecto Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, 2010

Amenaza / Susceptibilidad

## Susceptibilidad por Deslizamientos, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional ilustra las zonas susceptibles a deslizamientos en los países centroamericanos. En base a la metodología de MORA & VAHRSON (1994), el presente mapa sintetiza cuatro mapas nacionales sencillos que se han publicado en los últimos años, de manera independiente uno del otro.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Este mapa presenta el aporte técnico relacionado a la amenaza por deslizamiento (susceptibilidad) dentro del proceso de CARA. Demuestra la distribución espacial de las zonas susceptibles a deslizamientos que se puede combinar con los datos de vulnerabilidad en los pasos subsiguientes de mapeo de exposición a los riesgos. Por lo tanto, contribuye a concientizar a las autoridades gubernamentales e intergubernamentales nacionales sobre las áreas propensas a deslizamientos, más allá de las más sensibles, bien investigadas. Como los deslizamientos son, a menudo, provocados por las lluvias torrenciales, este mapa es también de importancia excepcional para las evaluaciones supra-regionales futuras en el contexto de adaptación al cambio climático.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

En los países centroamericanos del proyecto, las autoridades gubernamentales tienen la facultad de evaluar y mapear la amenaza por deslizamiento a nivel nacional. En Honduras y Nicaragua, el proyecto 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica' brindó bastante ayuda para finalizar esta actividad específica de evaluación de amenaza (véase la tabla de abajo).

País	Autoridad/Nombre Oficial del Mapa Nacional	Tipo de Datos/Accesibilidad	Fecha de Publicación
El Salvador	Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)/'Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos en El Salvador'	Versión digital/en la página Web de SNET	2002
Guatemala	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)/'Mapa de Susceptibilidad de Deslizamientos de Tierra en Guatemala'	Versión digital/no está disponible en la página Web de INSIVUMEH	2008
Honduras	Comisión Permanente de Contingencias (COPECO) en colaboración con el Proyecto 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica'/'Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos en Honduras'	Versión digital/no está disponible en la página Web de COPECO	2008
Nicaragua	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) en colaboración con el Proyecto 'Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica'/'Mapa de Susceptibilidad a Deslizamientos en Nicaragua'	Versión digital/en la página Web de INETER	2004

La tabla siguiente da una idea de los datos utilizados para elaborar los mapas nacionales de susceptibilidad por deslizamientos de acuerdo al acercamiento metodológico de MORA & VAHRSON (1994).

País	Datos Topográficos Utilizados (DEM)	Datos Geológicos Utilizados	Datos Sismológicos Utilizados	Datos Climáticos Utilizados
El Salvador	DEM 25 m (basado en las curvas de nivel digitalizadas de los mapas topográficos 1:25 000)	Mapa Geológico, Escala 1:100 000	Mapa de aceleración sísmica de El Salvador, período de retorno: 100 años (1993)	Datos de precipitación tomados del Estudio: CENTELLA ET AL. (1998): 'Escenarios Climáticos de Referencia para El Salvador'
Guatemala	DEM 20 m	Mapa Geológico, Escala 1:250 000	Proyecto GSHAP (1992-1999), sin más información	Datos de precipitación tomados de los registros (1926 - reciente) del INSIVUMEH
Honduras	DEM 50 m	Mapa Geológico, Escala 1:500 000	Proyecto GSHAP (1992-1999): pga [m/s <sup>2</sup> ], período de retorno: 475 años	Datos de precipitación discontinua de 8 estaciones meteorológicas (1943 - 2000), fuente SINIT
Nicaragua	DEM 90 m (SRTM-3)	Mapa Geológico, Escala 1:500 000	Project GSHAP (1992-1999): pga [m/s <sup>2</sup> ], período de retorno: 50 años	Atlas Climático/Meteorológico: Precipitación promedia mensual [mm/mes], Precipitación máxima en 24 horas [mm/día] (1971 - 2000)

Para las actividades de CARA en curso, todos los resultados del modelo de susceptibilidad por deslizamientos fueron proporcionados en forma digital por las autoridades anteriormente mencionadas en archivos raster GRID.

### Comentarios

El mapa supra-regional de susceptibilidad por deslizamientos resulta de la compilación de mapas nacionales individuales. Mientras que todos los mapas nacionales se basan en el mismo enfoque metodológico, las fuentes disponibles de información que caracterizan los parámetros de entrada (véase el inciso *Metodología*, abajo) no son de ninguna manera homogéneas entre los países. Sin embargo, para facilitar el mapeo supra-regional de exposición a los riesgos, actualmente no existe ninguna otra alternativa más que este acercamiento.

### Metodología

El mapa de susceptibilidad por deslizamientos fue elaborado usando la metodología de MORA & VAHRSON (1994), o sea, un sensillo *raster* basado en un sistema experto. Este permite una rápida clasificación de amenaza por deslizamiento en las áreas tropicales sísmicamente activas con escasos datos cuantitativos de campo. La metodología se basa en la evaluación de cinco factores llamados factores de susceptibilidad (SUSC), de los cuales tres son intrínsecos:

- Relieve relativo (Sr);
- Litología (SI);
- Humedad del suelo (Sh);

y dos externos llamados factores provocadores (DISP):

- Actividad sísmica (Ts);
- Precipitación (Tp).

Para cada uno de estos factores, se determina el índice de influencia, utilizando el valor de referencia mediante el peso específico y calculando con las siguientes ecuaciones:

$$H = SUSC * DISP$$

$$H = (Sr * SI * Sh) * (Ts+Tp)$$

Se determina la 'Amenaza Relativa' (H). El mapa muestra las clases calculadas de amenaza presentadas en el documento de metodología.

### Cómo leer este Mapa

El mapa muestra en colores graduados, las cuatro clases de susceptibilidad por deslizamiento (baja, moderada, alta, muy alta). Estas clases representan la tendencia general de la falla de la pendiente en el área en consideración. Desafortunadamente, las clases de susceptibilidad no han sido todavía validadas con los datos del inventario de deslizamientos. Por lo tanto, todavía hace falta la transferencia de los valores calculados a una explicación más comprensible de las clases. Para este propósito, se proporciona abajo una interpretación práctica pero provisional de las clases de susceptibilidad:

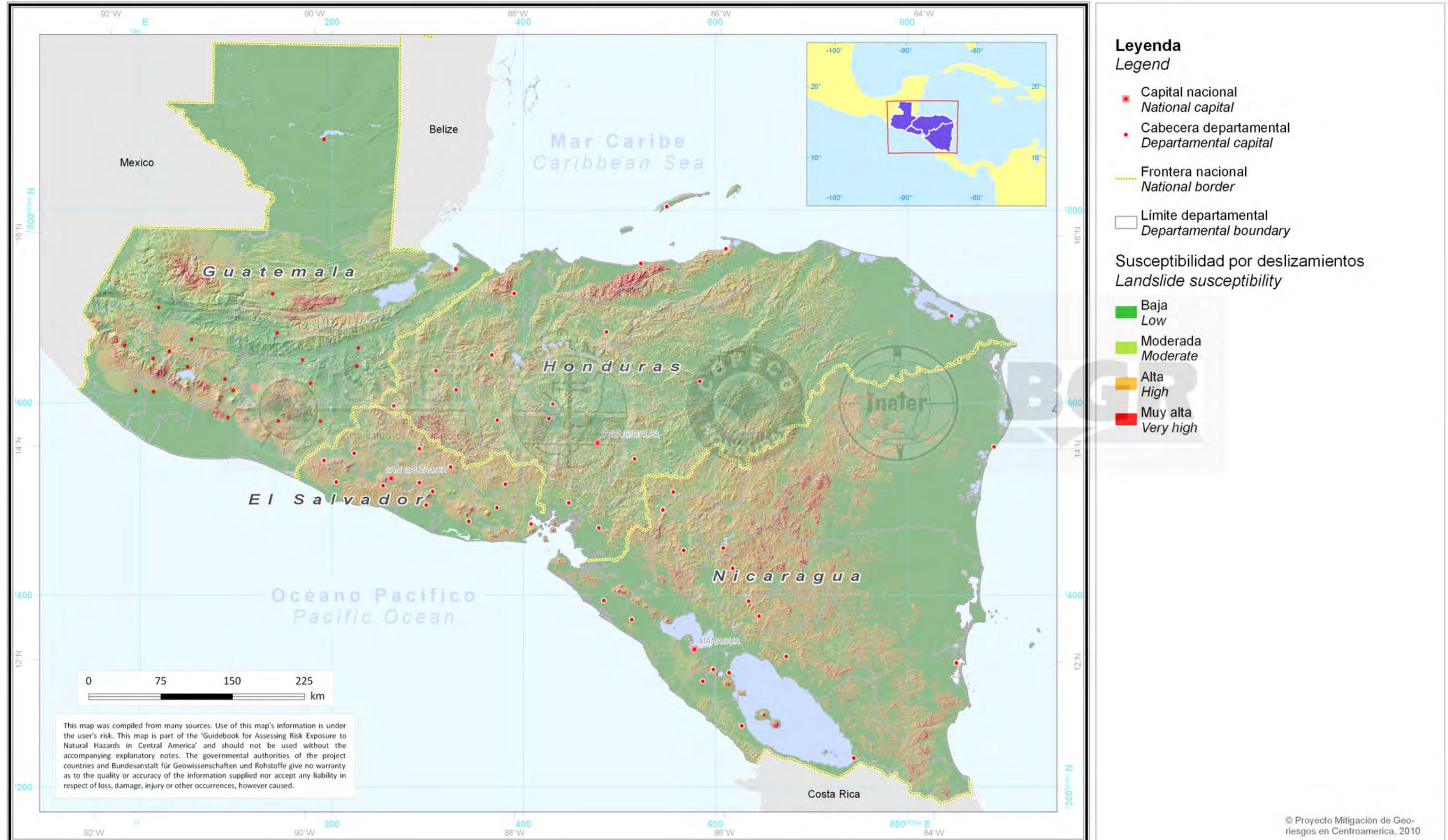
- **Susceptibilidad 'Baja':** La probabilidad de que ocurran los deslizamientos es bien baja;
- **Susceptibilidad 'Moderada':** Aunque casi no ocurren los deslizamientos, estos son a menudo provocados por las actividades humanas (p.ej. deforestación y corte pronunciado de los caminos);
- **Susceptibilidad 'Alta':** El área fue afectada por deslizamientos en el pasado y pueden haber eventos nuevos, también causados por el proceso de reactivación que afecta los deslizamientos latentes;
- **Susceptibilidad 'Muy alta':** Deslizamientos ocurren frecuentemente a diferentes magnitudes.

### Recomendaciones

Es altamente recomendable estandarizar la entrada de parámetros para una evaluación de susceptibilidad por deslizamientos a escala nacional/supra-regional y validar los resultados del modelo mediante los inventarios.

# Susceptibilidad por Deslizamientos

## Landslide Susceptibility



Amenaza / Susceptibilidad

## Amenaza por Inundaciones: Ejemplos El Salvador, Guatemala, Nicaragua

### Contenidos del Mapa

Los mapas nacionales de El Salvador (véase el mapa al lado derecho), Guatemala (página **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) y Nicaragua (página **Fehler! Textmarke nicht definiert.**) demuestran las áreas (zonas) propensas a inundaciones. Debido a la diversidad de los acercamientos metodológicos adoptados para examinar las áreas propensas a inundaciones a nivel nacional, estos mapas no han sido todavía fusionados en un mapa supra-regional.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Los mapas presentan el aporte técnico relacionado a la amenaza por inundaciones (susceptibilidad) dentro del proceso de CARA. La información sobre la distribución espacial de las áreas susceptibles a inundaciones es valiosa, ya que las inundaciones pueden causar pérdidas tangibles e intangibles masivas (infraestructura). Para las actividades de Gestión del Riesgo de Desastres, esta información de amenaza es imprescindible para analizar los riesgos de inundaciones a escala nacional a la luz de los diferentes indicadores de vulnerabilidad (p.ej. infraestructura y personas expuestas).

Además, los acontecimientos de la inundación son a menudo vinculados a los deslizamientos. Por lo tanto, para dirigir la atención de los responsables de formulación de políticas y toma de decisiones ante esta combinación fatal, este mapa sirve también como un aporte en la evaluación de la exposición a este riesgo específico en conjunto (enfoque de multi-amenaza).

### Fuente y Disponibilidad de Datos

En los países centroamericanos del proyecto, las autoridades gubernamentales tienen la facultad de evaluar y mapear las amenazas de inundaciones a nivel nacional (véase la tabla de abajo).

País	Autoridad/Nombre Oficial del Mapa Nacional	Tipo de Datos/Accesibilidad	Edición
El Salvador	Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)/'Mapa de Susceptibilidad a Inundaciones en El Salvador'	Versión digital (vectorizada)/ no está disponible oficialmente	2002
Guatemala	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) en colaboración con el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA)/'Mapa de Amenaza por Inundación Republica de Guatemala'	Versión digital (pdf)/ en la página Web del MAGA	2001
Honduras	Comisión Permanente de Contingencias (COPECO)/no ha proporcionado información sobre el mapa de inundación a escala nacional	-	-
Nicaragua	Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)/'Mapa de Amenaza de Inundaciones', también conocido como 'Mapa de Inundaciones Históricas en Nicaragua'	1) Versión digital (jpg)/ en la página Web del INETER 2) Versión digital (vectorizada)/ no está disponible oficialmente	1999

En la tabla abajo se resume la información más relevante utilizada para elaborar los respectivos mapas nacionales de susceptibilidad/amenaza por inundaciones.

País	Datos Topográficos Utilizados	Otros Parámetros de Entrada (Respecto al Alcance Geográfico)	Frecuencia de Actualización del Mapa
El Salvador	1:25 000 + DEM (SRTM-3)	- Eventos históricos de inundación - Eventos extremos (p.ej. huracán 'Mitch')	anual
Guatemala	1:250 000	- Eventos históricos de inundación - Eventos extremos (p.ej. huracán 'Mitch')	continuamente
Nicaragua	1:750 000	- Eventos históricos de inundación - Eventos extremos (p.ej. huracán 'Mitch')	continuamente

En cuanto a las actividades en curso de CARA, todos los resultados disponibles del mapeo de la amenaza por inundaciones de cada uno de los países fueron proporcionados en forma digital por las autoridades antes mencionadas en formato de archivo ESRI GIS (shp) listo para utilizar.

### Comentarios

Cabe señalar que se elaboraron varios mapas de inundaciones a diferentes escalas en Guatemala (INSIVUMEH en colaboración con JICA, editados: 2001) y Nicaragua (INETER en colaboración con COSUDE, editados: 2004, a nivel de Municipio). Sin embargo, estos mapas no cubren todo el país. En El Salvador, el SNET ofrece una herramienta de consulta en la Web que proporciona la información alfanumérica sobre los eventos históricos de inundaciones a nivel de Departamentos.

### Metodología

La investigación de las áreas propensas a inundaciones a escala nacional en los tres países en consideración se basa principalmente en un acercamiento empírico que utiliza la información sobre la extensión geográfica de los acontecimientos históricos de inundación y los eventos meteorológicos extremos (p.ej. huracán 'Mitch') sujetos a las condiciones topográficas (terreno) respectivamente. En parte, los mapas a escala nacional resultan de la información local disponible agregada con un nivel más alto de resolución (véase el inciso de *Comentarios*).

### Cómo leer este (estos) Mapa (s)

Independientemente del esquema de zonificación, en cada uno de los países, las áreas investigadas por ser potencialmente afectadas por las inundaciones, están sombreadas con líneas en color azul o azul graduado.

En el caso de El Salvador, se presentan en el mapa tres zonas de susceptibilidad por inundaciones que se definen de la siguiente manera:

- Muy alta;
- Alta;
- Moderada.

En el caso de Guatemala, se muestra en el mapa la zonificación en dos etapas de susceptibilidad por inundaciones a escala nacional:

- Áreas susceptibles a inundaciones;
- Áreas susceptibles a inundaciones extremas.

En Nicaragua, existe solamente la información de que si un área es propensa (sí: sombreada con líneas) o no a las inundaciones.

En todos los casos, todavía hace falta la explicación de las zonas de amenaza. Para ese propósito, un esquema es provisionalmente proporcionado a continuación con el fin de concertar las zonas susceptibles a inundaciones de forma supra-regional (al estilo de JICA, 2001):

- Inundación más grande o igual que la que ocurrió debido al huracán 'Mitch';
- Inundación que ocurre debido a un evento meteorológico extremo, p.ej. huracanes de menor envergadura que el huracán 'Mitch';
- Inundación que ocurre frecuentemente debido a las lluvias torrenciales, sumergiendo las áreas bajas a lo largo de los ríos.

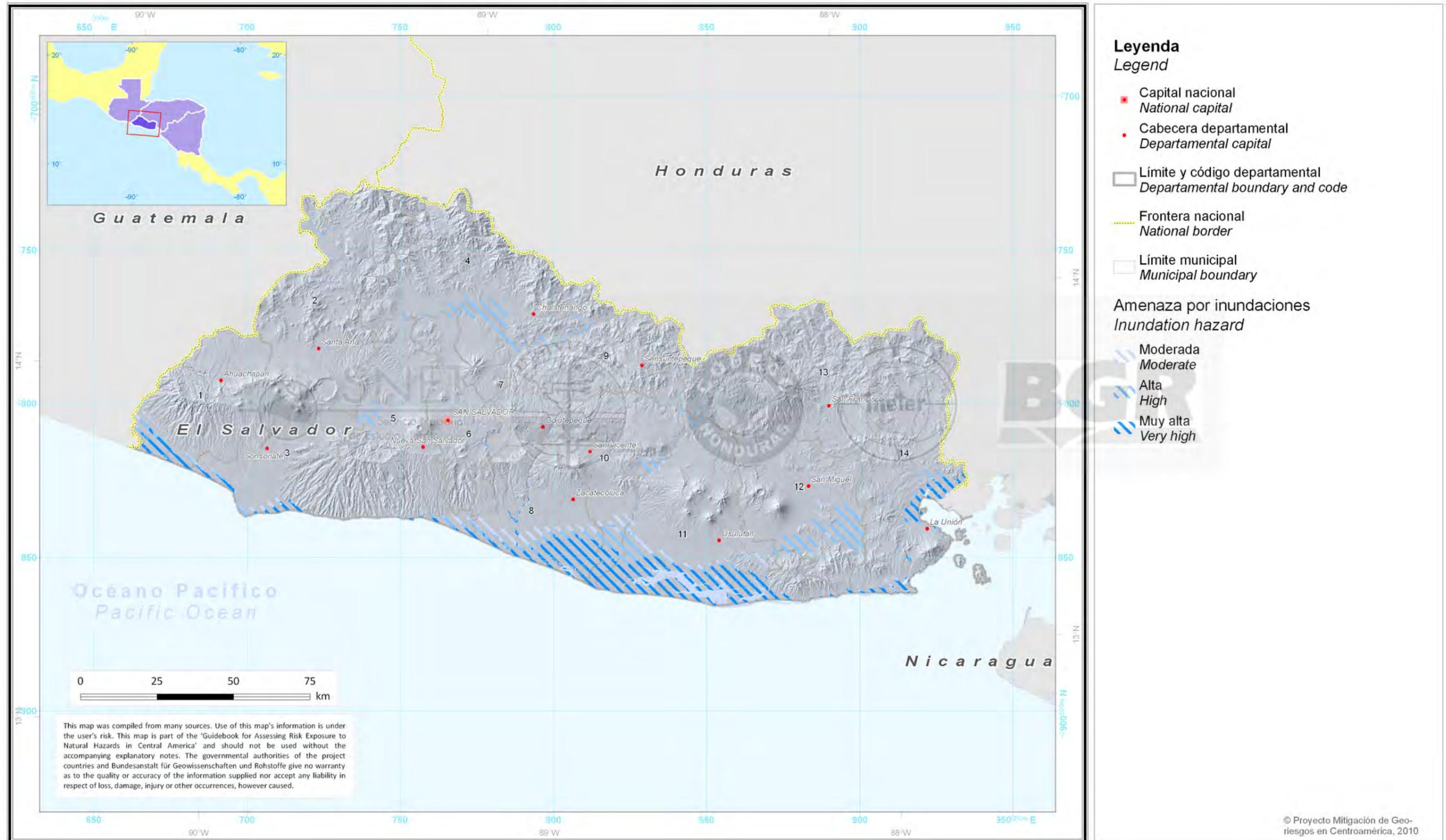
Zonas de Amenaza/Susceptibilidad (Supra-Regional, no oficial)	El Salvador	Guatemala	Nicaragua
A	Muy alta	Áreas propensas a inundaciones extremas	Áreas propensas a inundaciones
B	Alta		
C	Moderada	Áreas propensas a inundaciones	

### Recomendaciones

Se recomienda implementar un esquema común de zonificación de amenaza/susceptibilidad ante las inundaciones entre los países centroamericanos para facilitar una comparación supra-regional imparcial de la magnitud del evento de inundación y el período de recurrencia.

## Amenaza por Inundaciones

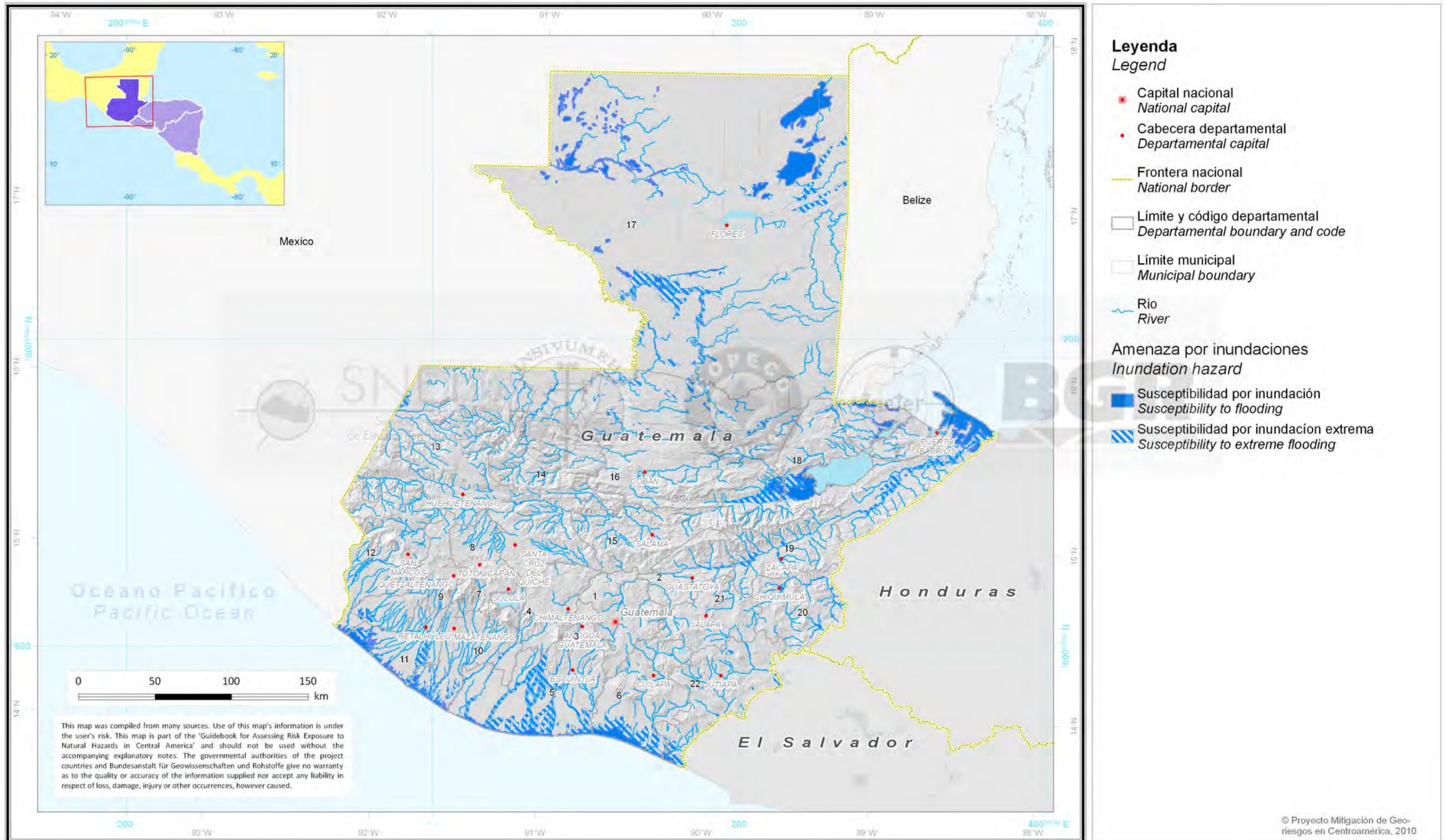
### Inundation Hazard



Amenaza / Susceptibilidad

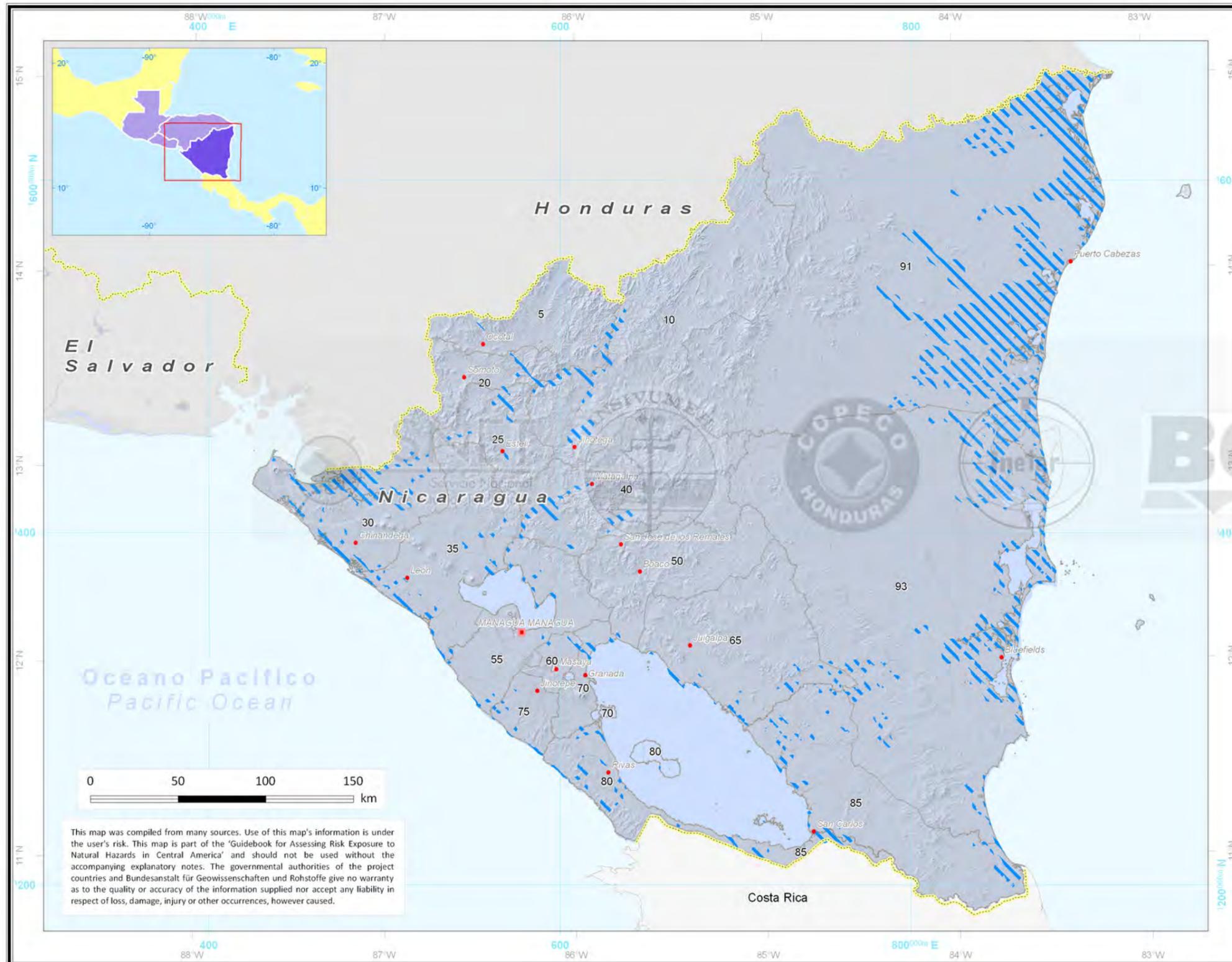
# Amenaza por Inundaciones

## Inundation Hazard



# Amenaza por Inundaciones

## Inundation Hazard



### Leyenda

#### Legend

- Capital nacional  
National capital
- Cabecera departamento  
Departamento capital
- Límite y código Departamento  
Boundary and code of Departamentos
- Límite Municipio  
Boundary of Municipio
- Amenaza por inundaciones  
Inundation hazard
- ▨ Área susceptible por inundaciones  
Inundation prone area

© Proyecto Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, 2010

## Distribución Espacial de las Amenazas, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional es una sinopsis de los mapas presentados y discutidos entre las páginas 42 y **Fehler! Textmarke nicht definiert..**

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

El mapeo de la amenaza espacial a nivel supra-regional es un paso adecuado para hacer que los responsables de Gestión del Riesgo de Desastres, que actúan a través de las fronteras, estén conscientes de la complejidad espacial de las amenazas, a las cuales los países centroamericanos se encuentran expuestos. Por consiguiente, este mapa recalca, nuevamente, tanto la importancia extraordinaria del mapeo en común de la exposición a amenazas y riesgos como la necesidad de abordar este desafío en el contexto supra-regional de Gestión del Riesgo de Desastres.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

El mapa espacial de amenazas es la compilación de los siguientes mapas individuales supra-regionales:

- Amenazas sísmicas (página 42);
- Amenazas volcánicas (caída de ceniza: en El Salvador, solamente el estudio de caso de dos volcanes; lahares: en Guatemala para cinco volcanes) (páginas 44, 46 y 48);
- Susceptibilidad por deslizamientos (página 50);
- Amenaza por inundaciones (página 52ss).

Toda la información relevante de un mapa de amenaza se explica de manera exhaustiva en los respectivos capítulos.

### Comentarios

Los datos señalados aquí constituyen la base para el mapa de exposición a los riesgos de amenazas múltiples presentado en la sección *Exposición a los Riesgos*.

### Metodología

Este mapa resulta de la sobreposición geográfica de los mapas de entrada anteriormente mencionados, utilizando el SIG. Usualmente, en tales hojas sinópticas no se ilustran todas las zonas de amenaza. El punto focal está en las zonas alta y moderadamente (medianamente) amenazantes, de manera que se logre una representación distinguible y atraiga la atención a lo esencial de la materia. Es obvio que las regiones de alta amenaza son las que merecen la mayor parte de la atención en lo que se refiere a los esfuerzos de mitigación.

### Cómo leer este Mapa

Para una mejor lectura, la información sobre la amenaza ha sido fusionada u ocasionalmente omitida. Las diferentes amenazas y su distribución espacial son simbolizadas por sombras con líneas codificadas con color o mediante áreas y otros elementos cartográficos típicos.

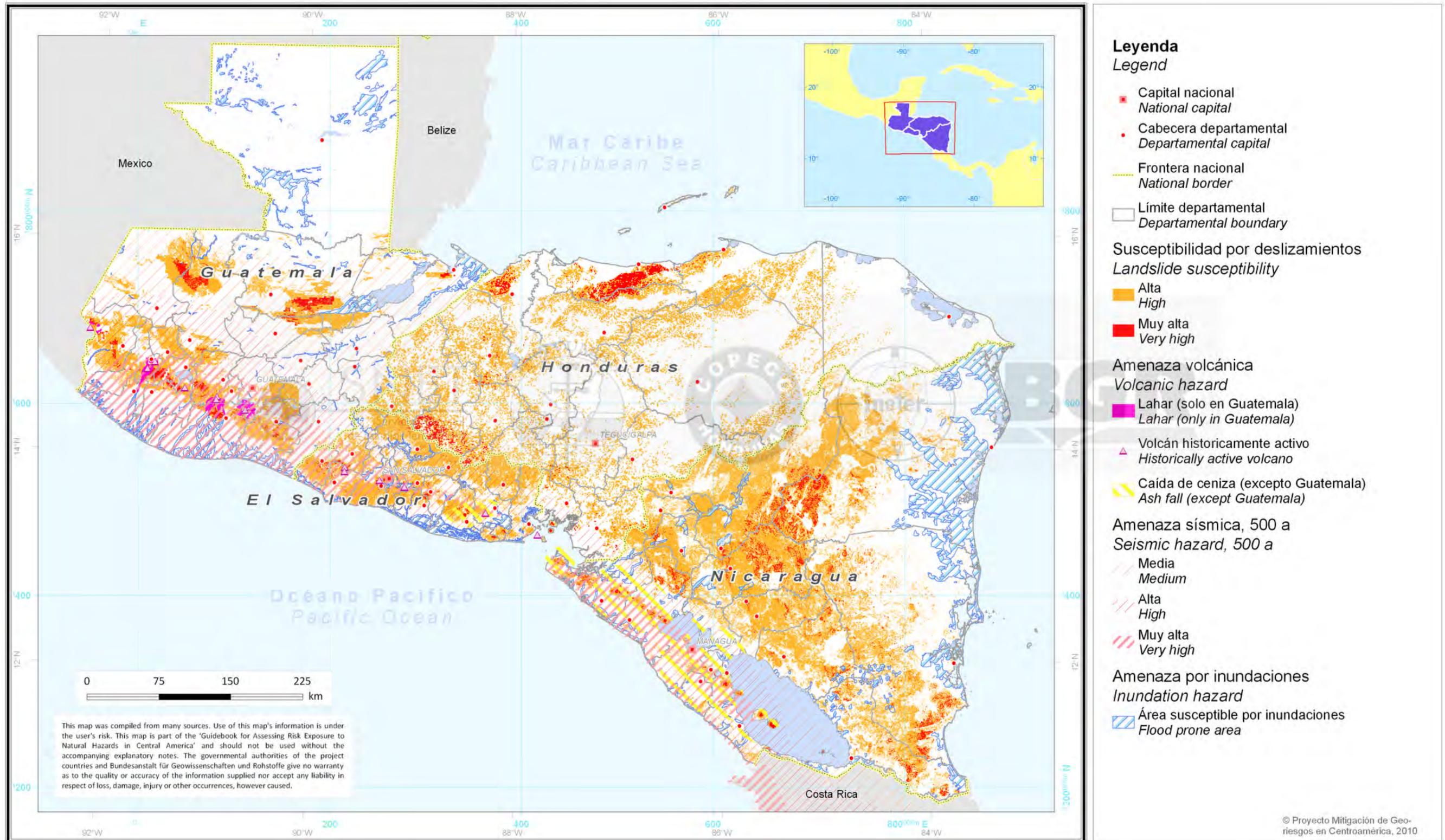
En este mapa, los componentes amenazantes incorporados no están interseccionados con ninguna información espacial que caracterice los elementos en riesgo. O sea, este mapa no muestra el potencial de riesgos en cuanto a la vulnerabilidad social o infraestructural, ni a nivel del Municipio, ni a nivel del Departamento o del país.

### Recomendaciones

Los mapas espaciales de amenazas contienen la información esencial para que los profesionales evalúen cuáles son los peligros que el país o la región enfrentan y qué contramedidas podrían ser las más apropiadas para mitigar los riesgos, particularmente a nivel regional. Por lo tanto, los mapas de amenazas no deben ser interpretados independientemente de los mapas de exposición a los riesgos, a como se muestra en los mapas en la sección *Exposición a los Riesgos* en la página 67ss.

## Distribución Espacial de las Amenazas

### Spatial Hazard





## Vulnerabilidad / Capacidad

***¡Sin vulnerabilidad, sin riesgo!*** La vulnerabilidad describe las condiciones determinadas por los factores físicos, sociales, económicos y ambientales o los procesos sometidos a los efectos negativos por el impacto de las amenazas naturales. La amenaza, en combinación con la vulnerabilidad, define el riesgo. En lenguaje general, se podrá expresar como 'sin vulnerabilidad, sin riesgo' o, en otras palabras, cuanto más alta la vulnerabilidad más alto el riesgo (potencial).

La capacidad, también denotada como aptitud, específica sobre todas las fuerzas y los recursos de un individuo, una organización o una comunidad (sociedad) que pueden aumentar la habilidad de la gente involucrada a lidiar con las amenazas naturales que enfrentan, soportarlas y, de este modo, reducir el nivel de riesgo o las consecuencias de un desastre natural.

Si se supone una amenaza dada, la vulnerabilidad y la capacidad tienen una correlación estrecha entre sí. Por ejemplo, debido al diseño del techo inclinado, un edificio puede ser menos vulnerable a los depósitos de la caída de ceniza durante una erupción volcánica, pero a la vez altamente vulnerable a los daños estructurales que causa el movimiento del suelo provocado por un terremoto. El aumento de la capacidad de un edificio a través de la modernización estructural puede reducir su vulnerabilidad a la sacudida inducida por un terremoto. Sin embargo, los cambios estructurales que incluyen el reemplazo del techo inclinado por uno plano pueden afectar seriamente la capacidad de soportar los depósitos de la caída de ceniza volcánica. En otras palabras, la vulnerabilidad aumenta.

El tema de la vulnerabilidad y la capacidad es delicado y no hay una solución definitiva en cuanto a cómo realizar idealmente una evaluación. La determinación de la vulnerabilidad y la capacidad depende en gran medida de la envergadura de la evaluación. Los medios y los métodos apropiados para evaluar la vulnerabilidad y la capacidad de un solo edificio no son, por cierto, adecuados para la evaluación de un Municipio o un Departamento entero. A escala nacional o supra-regional, el enfoque está en proporcionar la información que describa la vulnerabilidad o la capacidad global, una información que debe ser comparable y reproducible en todos los niveles administrativos que se toman en cuenta.

Los mapas de vulnerabilidad y capacidad de CARA presentados, posteriormente, fueron creados con la perspectiva centroamericana, es decir supra-regional, en mente. Siguiendo la filosofía de mantener simple las evaluaciones y usar los datos disponibles o fácilmente accesibles, el enfoque está dirigido a analizar la vulnerabilidad global o general de la población, la infraestructura y el potencial económico. Se ilustra cómo las áreas residenciales, los caminos y las áreas económicas se distribuyen en Centroamérica. No se hizo el intento de realizar una evaluación de vulnerabilidad a escala más detallada. Tales estudios requieren datos más detallados como, por ejemplo, datos en materia de educación y género o datos de los parámetros de construcción. Sin embargo, existen algunos estudios individuales disponibles que explican detalladamente sobre estos temas (véase por ejemplo el estudio sobre el riesgo sísmico de Managua referido en la página 6s). Cabe recordar que de hecho ya se ha tocado el tema del mapa de la vulnerabilidad infraestructural (caminos) (véase la página 32). Se ejemplifica la capacidad usando un acercamiento sencillo que ilustra la disponibilidad de las instalaciones de salud pública a nivel de Municipio en El Salvador.

## Densidad Poblacional Modificada, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra la *densidad poblacional modificada* definida, dividiendo la población de un Municipio dado por el área residencial. Se puede también llamar *densidad poblacional neta* a la *densidad poblacional modificada*.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

El propósito de calcular el valor modificado de la densidad poblacional es mejorar la estimación del número de personas, potencialmente, afectadas por las amenazas en sus áreas residenciales (véase los mapas de exposición de la población más adelante, en la sección *Exposición a los Riesgos*, para más detalle). La densidad poblacional modificada es una medida directa para evaluar la vulnerabilidad de una comunidad.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Las fuentes de datos utilizadas aquí son:

- Áreas residenciales de los mapas de uso de suelo (véase la sección sobre el uso de suelo, página 26ss), no está disponible para Honduras, por lo que es imposible calcular la densidad poblacional modificada (véase la nota especial en la página 28);
- Estadísticas poblacionales a nivel del Municipio (véase página 36);
- Demarcaciones administrativas (áreas) de los Municipios (véase la página 24).

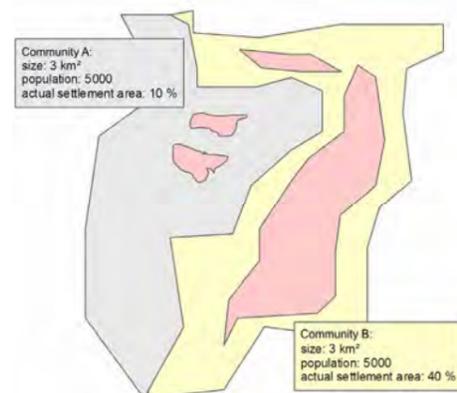
### Comentarios

La metodología que se describe abajo depende de la exactitud de las estimaciones de la dimensión de las áreas residenciales. Si las áreas residenciales trazadas en el mapa de uso o cobertura del suelo son demasiado pequeñas en comparación con la situación real, las cifras resultantes de la densidad modificada serán sobrestimadas. Este problema puede presentarse particularmente cuando los datos de uso de suelo que se utilizan son mucho más viejos que las estadísticas demográficas. Para los estudios detallados (a nivel del Municipio), la diferencia de tiempo entre los datos de uso de suelo basados en las imágenes satelitales de los años 90s y las estadísticas demográficas recientes pueden resultar en cifras imprecisas de la densidad poblacional, dado el crecimiento de la población. Además, la probabilidad de introducir errores es más alta en las zonas rurales, donde la subestimación analítica de las áreas residenciales tiende a ocurrir con más frecuencia.

Favor referirse a los mapas en la página 68ss para una mejor comprensión de cómo se pueden utilizar estos datos para determinar la exposición y el riesgo.

### Metodología

El objetivo es recalcular la densidad poblacional de un Municipio dado y obtener la densidad poblacional de dicho Municipio que se base solamente en su área residencial. La figura de abajo muestra el proceso del cálculo con más detalle.



Esquema que ilustra el concepto de 'densidad poblacional modificada'. El área gris representa la dimensión de la Comunidad A y el área amarilla el alcance de la Comunidad B. Las áreas residenciales reales de estas comunidades se muestran en rojo.

En base a las cifras proporcionados, se calcula que las Comunidades A y B tienen la misma densidad poblacional 'ordinaria':

$$5000 \text{ personas} / 3 \text{ km}^2 = 1667 \text{ personas/km}^2.$$

El área donde la gente realmente vive es mayor en la Comunidad B comparada con la A. Por lo tanto, la Comunidad B tiene una densidad poblacional modificada (neta) más baja de

$$5000 \text{ personas} / 0.4 \times 3 \text{ km}^2 = 4167 \text{ personas/km}^2$$

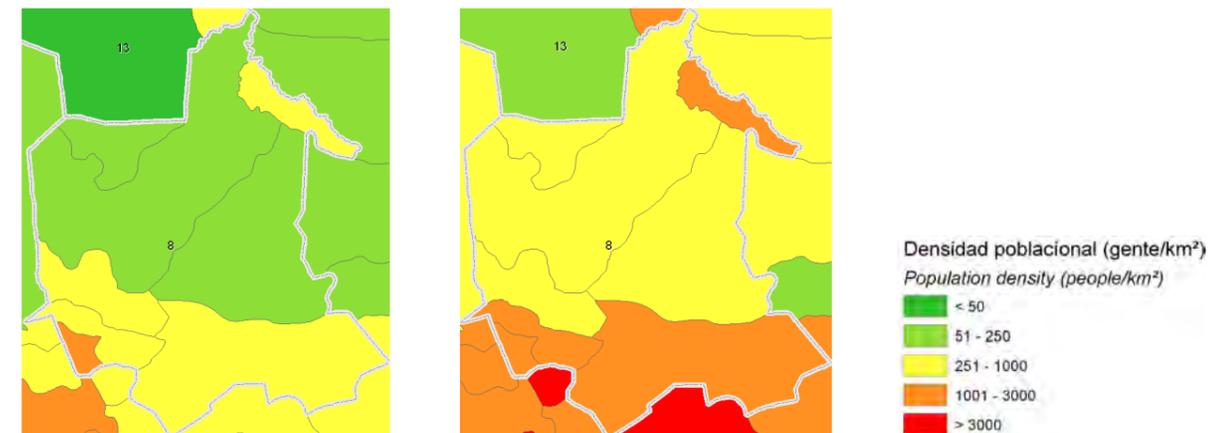
comparada con la Comunidad A que tiene

$$5000 \text{ personas} / 0.1 \times 3 \text{ km}^2 = 16667 \text{ personas/km}^2.$$

Se pueden obtener todas estas cifras fácilmente, cruzando los datos de entrada mencionados anteriormente mediante el SIG y un sistema de base de datos. A través de este proceso de intersección, se crea un conjunto combinado de datos geo-espaciales que contiene los atributos de todos los datos de entrada y puede ser fácilmente procesado en los pasos más avanzados de la evaluación de riesgos.

### Cómo leer este Mapa

Las regiones coloreadas del mapa indican las áreas residenciales tal como se derivaron del mapa de uso de suelo. Los mismos colores representan la densidad poblacional modificada obtenida para cada uno de los Municipios. La figura de abajo muestra la diferencia entre la densidad poblacional como un promedio sobre el área entera de una comunidad (a la izquierda, véase también la página 36) y la densidad poblacional modificada (a la derecha) de los Municipios del Departamento 8 (Totonicapán) en Guatemala.



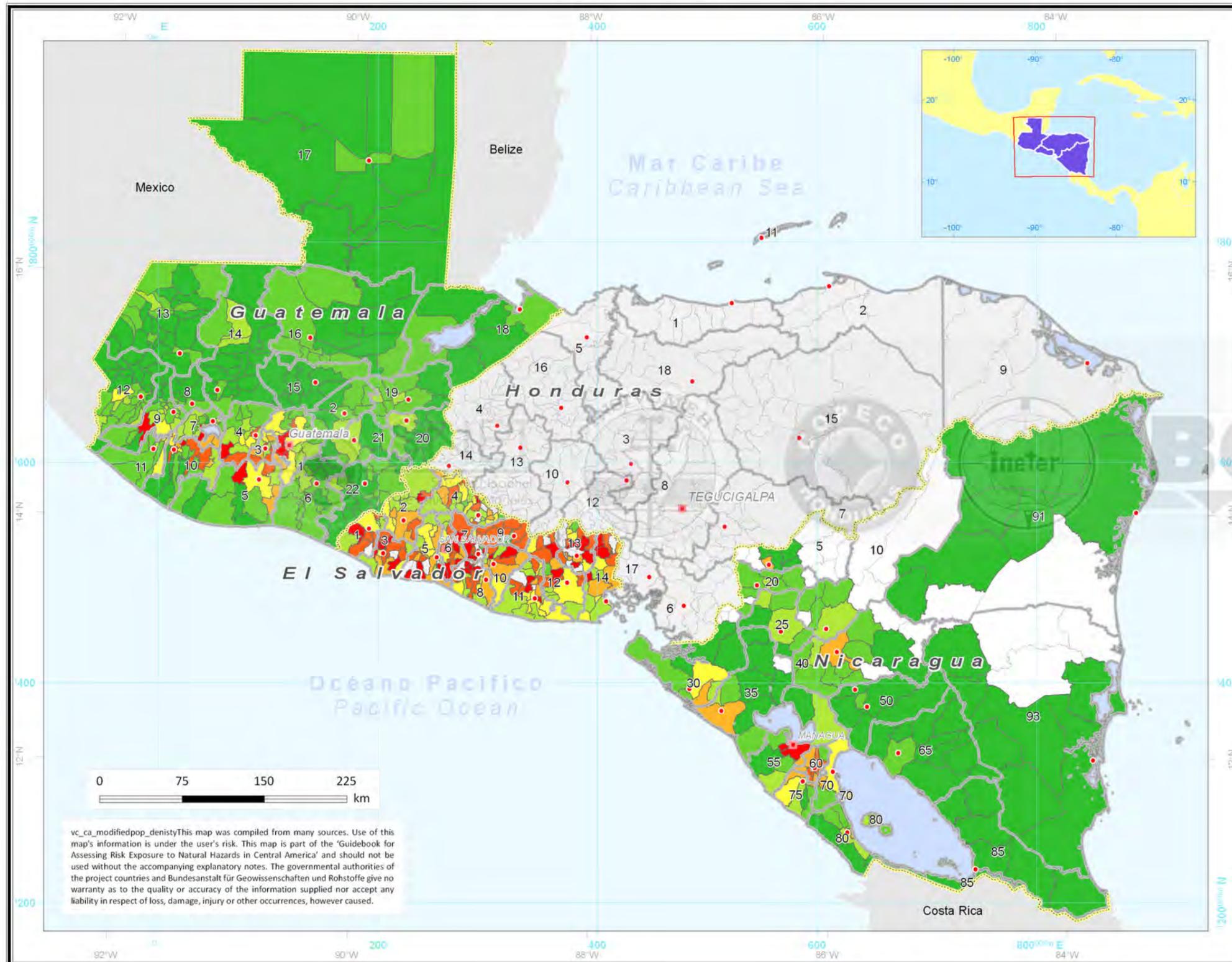
Debido a la naturaleza más rural de este Departamento, los valores de la densidad poblacional son mucho más altos cuando se los estiman tomando en cuenta solamente las áreas residenciales. Estas cifras de la densidad poblacional modificada ofrecen una representación más exacta de cuántas personas realmente viven en un área determinada. En el proceso del cálculo de la densidad poblacional modificada, las cifras que resultan de las zonas urbanas se mantienen altas (p.ej. compare las cifras de densidad en las inmediaciones de la Ciudad de Guatemala, con las del mapa en la página 36), pero altas cifras de densidad poblacional también pueden resultar de las zonas rurales. Los Municipios blancos (p.ej. en Nicaragua) implican que ninguna de las áreas residenciales de dichos Municipios fue investigada en el contexto del mapeo de uso de suelo. La densidad poblacional modificada será utilizada más adelante para estimar el número de personas que viven en determinadas zonas de riesgo (mapa de exposición de la población en la sección de *Exposición a los Riesgos*, página 68ss).

### Recomendaciones

- Lo esencial es un buen mapa base que refleje, de manera realista, la cobertura de las tierras habitadas;
- Se debe tener cuidado si los datos de uso de suelo y las estadísticas demográficas fueron producidos en diferentes años. Los errores pueden ser grandes si la diferencia de tiempo es grande, particularmente cuando las tasas del crecimiento poblacional son altas. En tales casos, se debe aplicar los adecuados factores de corrección.

## Densidad Poblacional Modificada

Modified Population Density



### Legenda

Legend

- Capital nacional  
National capital
- Cabecera departamental  
Departamental capital
- Frontera nacional  
National border
- Limite y código departamental  
Departamental boundary and code

Densidad pobl. modificada (habitantes/km²)  
Modified population density (peope/km²)

- < 1000
- 1001 - 2500
- 2501 - 5000
- 5001 - 7500
- 7501 - 10000
- 10001 - 20000
- > 20001

□ Sin datos  
No data

vc\_ca\_modifiedpop\_denistyThis map was compiled from many sources. Use of this map's information is under the user's risk. This map is part of the 'Guidebook for Assessing Risk Exposure to Natural Hazards in Central America' and should not be used without the accompanying explanatory notes. The governmental authorities of the project countries and Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe give no warranty as to the quality or accuracy of the information supplied nor accept any liability in respect of loss, damage, injury or other occurrences, however caused.

© Proyecto Mitigación de Georriesgos en Centroamérica, 2010

## Potencial Económico, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra el potencial económico expresado en dólares americanos por metro cuadrado, en base a las cifras del Producto Interno Bruto (PIB) de El Salvador, Guatemala y Nicaragua.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Este mapa sirve de mapa indicador para conocer el potencial económico espacialmente diverso de los países. De tal modo, visualiza la vulnerabilidad, espacialmente diversa, de la economía a ser afectada por el posible desastre natural. Se necesita analizar más este mapa para derivar la exposición a los riesgos económicos (véase la página 88s).

### Fuentes y Disponibilidad de Datos

El mapa y el análisis subyacente se basan en los siguientes pasos precedentes de preparación de datos y algunas fuentes adicionales de datos:

- Límites administrativos (página 24), datos de uso de suelo (página 26ss) y la categorización de las clases de uso de suelo en grupos de vulnerabilidad económica (o 'uso de suelo económico', página 38);
- Estadísticas del PIB a nivel nacional del 2008 (del Anuario Estadístico de ECLAC [CEPAL], 2009), véase el *anexo* en la página 106);
- Un factor basado en la población a nivel del Municipio, calculado como el ratio de la población de cada uno de los Municipios contra la población total del país (véase también la página 36). Existen 1044 Municipios en total en los países del proyecto. Utilizando el factor, el PIB puede ser distribuido (reducido en cuanto a la escala) al nivel del Municipio;
- Una matriz de factores que representa la proporción (1 = 100 %) de cuánto del PIB correspondiente a cada uno de los sectores es distribuido espacialmente a más de una clase de uso de suelo económico (grupo de vulnerabilidad).

Grupo de Vulnerabilidad *	Código Sectorial del PIB 1**	Código Sectorial del PIB 2	Código Sectorial del PIB 3	Código Sectorial del PIB 4	Código Sectorial del PIB 5	Código Sectorial del PIB 6	Código Sectorial del PIB 7	Código Sectorial del PIB 8	Código Sectorial del PIB 9
1	0	1	1	0.96	0.92	1	0.7	1	1
2	0.25	0	0	0.01	0.02	0	0.1	0	0
3	0.25	0	0	0.01	0.02	0	0	0	0
4	0.25	0	0	0.01	0.02	0	0.1	0	0
5	0.25	0	0	0.01	0.02	0	0.1	0	0

\* Refiérase a la página 378 para una explicación de estos grupos

\*\* Refiérase a la página 106 para una explicación de los sectores

### Comentarios

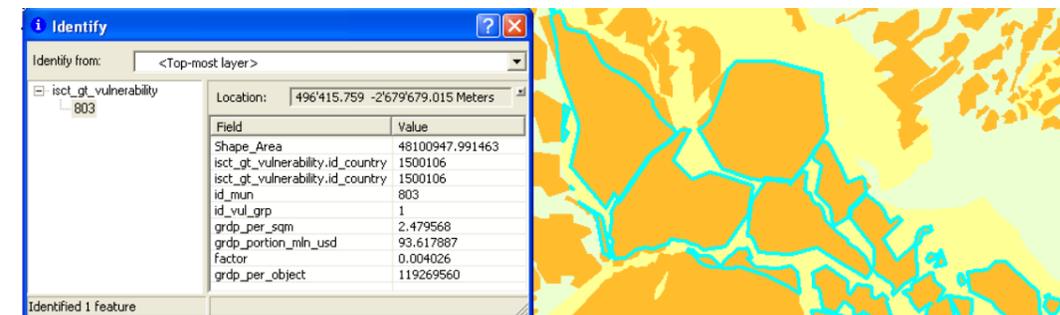
Los valores en la tabla de arriba se basan más bien en la experiencia y el sentido común que en los datos concretos. Sin embargo, se considera que son suficientes para el primer paso.

Usar estas cifras para el análisis de riesgo, es el primer paso para introducir los aspectos económicos a la estrategia de evaluación espacial de riesgos. Se escogió el PIB porque éste permite relacionar la actividad económica a los datos espaciales con bastante facilidad. Evidentemente, otros datos económicos claves pueden ser utilizados también, siempre que reflejen la actividad económica de un área determinada.

### Metodología

La idea es tener un mapa y los datos básicos que muestran cómo el potencial económico es espacialmente distribuido en los países centroamericanos. Para lograr esto, se debe averiguar la proporción del PIB total que resulta de las actividades económicas en cada uno de los trozos de tierra. Esto se expresa de manera más clara como el PIB en dólares americanos por metro cuadrado (US\$/m<sup>2</sup>). Se deben realizar los siguientes pasos:

- La intersección de las áreas administrativas (véase la página 24) y el uso de suelo económico (clasificación económica; página 38);
- Después del proceso de intersección, cada una de las características geográficas tiene la información de tres atributos: Municipio, grupo de vulnerabilidad y tamaño del área (en m<sup>2</sup>);
- En base a estos atributos, la proporción del PIB por Municipio calculada anteriormente puede ahora ser más desglosada usando la matriz de factores a la izquierda. La figura de abajo muestra el ejemplo de los nuevos atributos espaciales que resultan del cruzamiento y el factor relacionado.



El objeto espacial seleccionado es contorneado en azul y consiste de varias partes. Todas estas partes comparten el mismo juego de atributos (País, Municipio y grupo de vulnerabilidad). El objeto tiene un área de 4 810 0947 m<sup>2</sup>, pertenece al grupo 1 de vulnerabilidad (industria/servicio), y está ubicado en el Municipio 803 en Guatemala (id\_country: 1500106). La porción del PIB global que le corresponde al Municipio es de 0.4026 por ciento (derivada de la misma cifra que la población), equivalente a US\$ 93.617 millones, y consiste en realidad de 9 cifras separadas (no se muestran aquí). De esa cantidad, se obtiene el PIB real del objeto (US\$ 119 269 560), en combinación con la matriz de factores (refiérase a la tabla a la izquierda) y los valores del PIB específicos al sector (véase la página 37). El valor final de interés, el PIB por unidad de área (m<sup>2</sup>), se obtiene dividiendo el valor específico del objeto entre el tamaño del área, siendo el resultado de 2.47 US\$/m<sup>2</sup>.

Cabe notar que los cálculos presentados aquí dependen de la suma de las áreas de las clases de uso de suelo. Esto puede causar el siguiente problema: si una clase determinada de uso de suelo es sobre representada debido a la clasificación errónea (p.ej. durante la interpretación de las imágenes satelitales a través de sensores remotos), el valor US\$/m<sup>2</sup> por área será bajo. Al contrario, si la superficie total de una clase es pequeña (es decir, en realidad está subrepresentada comparada a la situación verdadera), la actividad económica por metro cuadrado será sobrestimada.

### Cómo leer este Mapa

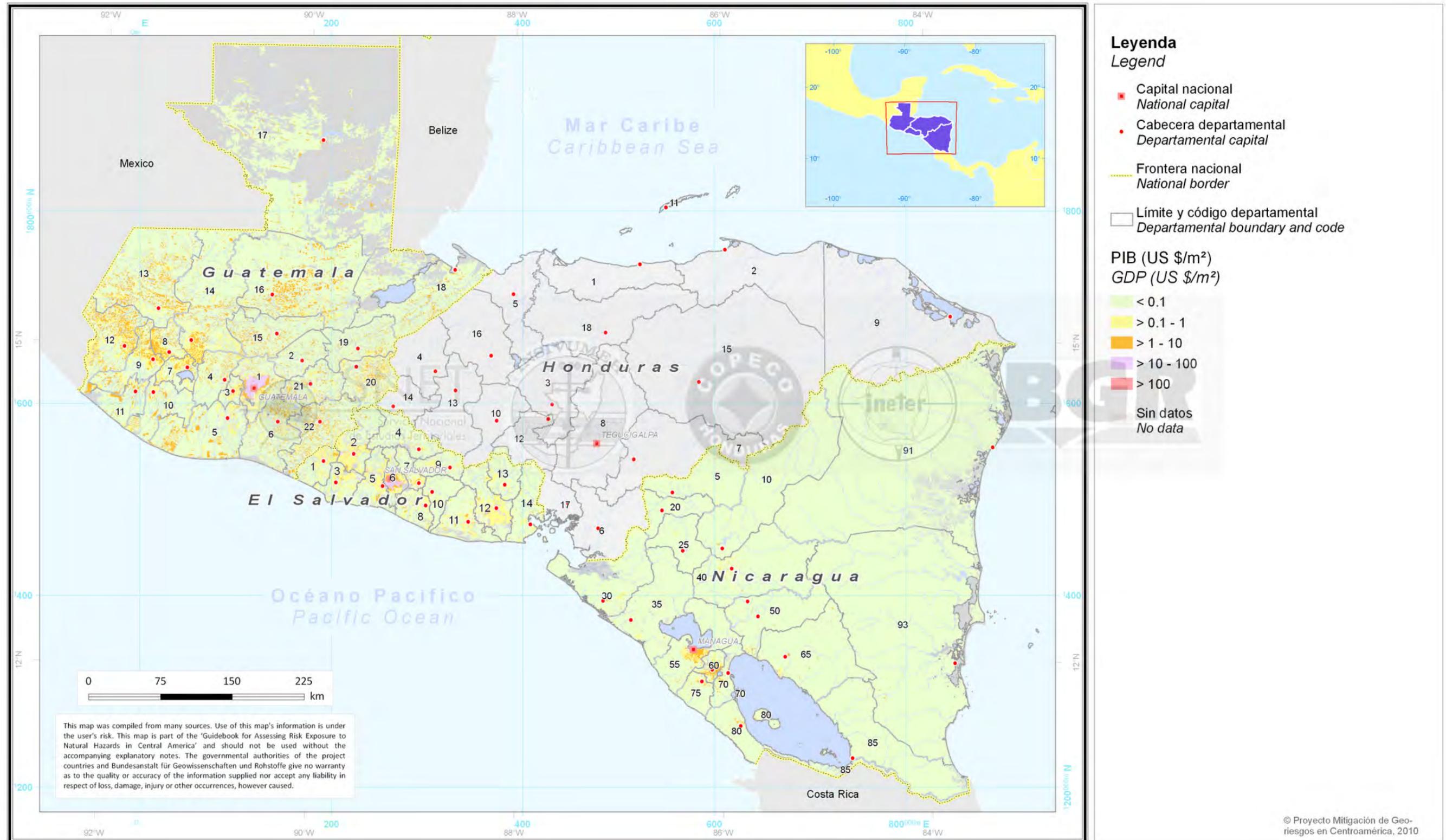
El potencial económico es reflejado en una cifra espacialmente diversa expresada como PIB/m<sup>2</sup> ponderada. La ponderación se realiza calculando un factor (a nivel del Municipio) basado en la ratio de la población por Municipio en relación a la población total. A través de este proceso de ponderación, las cifras del PIB proporcionadas a nivel nacional pueden ser regionalizadas (reducidas de escala), al nivel del Municipio. Como previsto, las cifras del potencial económico son altas en las zonas urbanas y más bajas en las zonas rurales donde se destacan las actividades agrícolas.

### Recomendaciones

El procedimiento que se muestra arriba es un ejemplo de cómo producir los datos espaciales de la productividad económica derivada de los datos disponibles del CEPAL. Este método se basa en varias suposiciones y las cifras obtenidas deben ser consideradas como una aproximación. Para mejorar aún más estos datos, se recomienda desarrollar una estimación más robusta, que sea menos dependiente de los cálculos del área.

## Potencial Económico

*Economic Potential*



## Capacidad del Sistema de Salud: Ejemplo El Salvador

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional muestra cuántas personas tienen que compartir una instalación de salud pública (hospital o instalación ambulatoria) en cada uno de los Municipios de El Salvador.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

El hacer frente a los desastres naturales requiere de un sistema sólido de salud pública, particularmente durante y después de una crisis, para brindar la ayuda necesitada. Sin embargo, después de una fase de respuesta, la información sobre el sistema de salud pública es también un parámetro significativo para evaluar la capacidad de un Municipio en lo que se refiere al nivel de preparación en el ciclo de Gestión del Riesgo de Desastres. El mapa permite a los responsables de toma de decisiones identificar fácilmente dónde, en el sector salud, es necesario y razonable hacer las mejoras en la capacidad espacial. El aumentar la capacidad en estos Municipios, disminuirá a su vez la vulnerabilidad por estar mal preparados ante los eventos perjudiciales debido a la falta de las instalaciones de salud pública.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

La información utilizada en este mapa fue proporcionada por el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) que estaba a cargo de la distribución a escala nacional de los hospitales públicos y las instalaciones ambulatorias en el año 2006. Además, para mapear la capacidad nacional de atención a la salud a nivel del Municipio, la información demográfica y administrativa es imprescindible. Toda la información esencial para este tema ha sido ya tratada, de manera exhaustiva, en las páginas 24, 32, y 36.

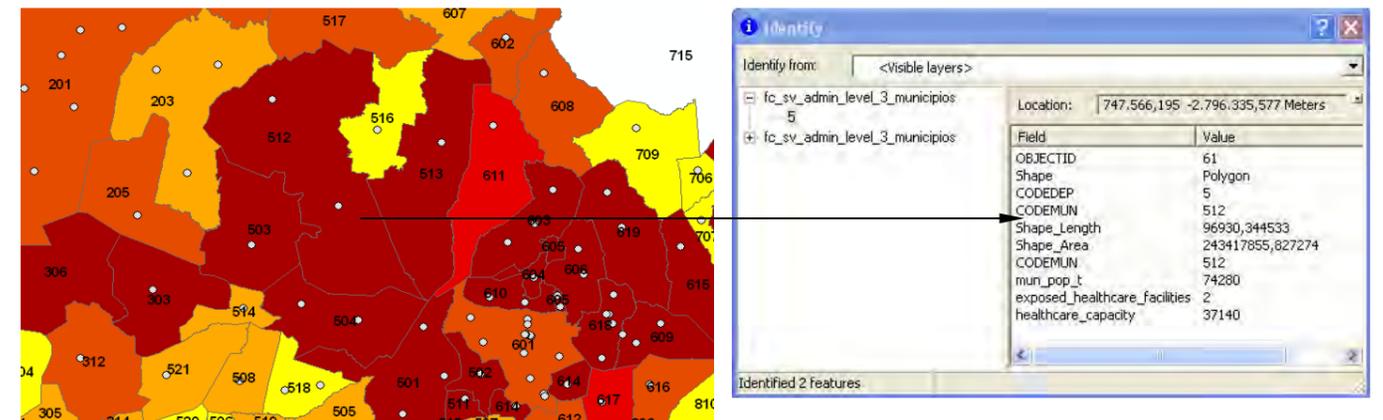
### Comentarios

Según el conjunto de datos del MSPAS, la única información proporcionada fue de los tipos de las instalaciones públicas de atención a la salud. Hace falta todavía la información más detallada, p.ej. sobre la especialidad médica de la instalación, el número de quirófanos, o el número de los profesionales de la salud.

### Metodología

El mapa fue generado dividiendo el número total de las personas que viven en el Municipio entre el número de las instalaciones de salud pública ubicadas en este Municipio. Debido a razones matemáticas, los Municipios sin ninguna instalación de atención a la salud no pueden ser tomados en cuenta formalmente, es decir, la capacidad de atención a la salud, en este caso, no existe.

Obviamente, la exactitud del mapa de la capacidad del sistema de salud público depende principalmente del número de las instalaciones de salud pública enumeradas en el conjunto de datos del MSPAS. Se presenta la figura abajo para que se entienda mejor el método aplicado. La figura demuestra un extracto del mapa final de la capacidad de salud pública, con las instalaciones públicas de atención a la salud superpuestas, representándolas por medio de los puntos blancos. Por ejemplo, el Municipio de San Juan Opico (código administrativo: 512) tiene una población total de 74 280 habitantes. En el conjunto de datos utilizado del MSPAS (editado: 2006), solamente dos instalaciones públicas de atención a la salud estaban reportadas para este Municipio. Por lo tanto, la capacidad resultante de las instalaciones de salud pública se puede expresar como 37 140 personas por instalación de atención a la salud.



### Cómo leer este Mapa

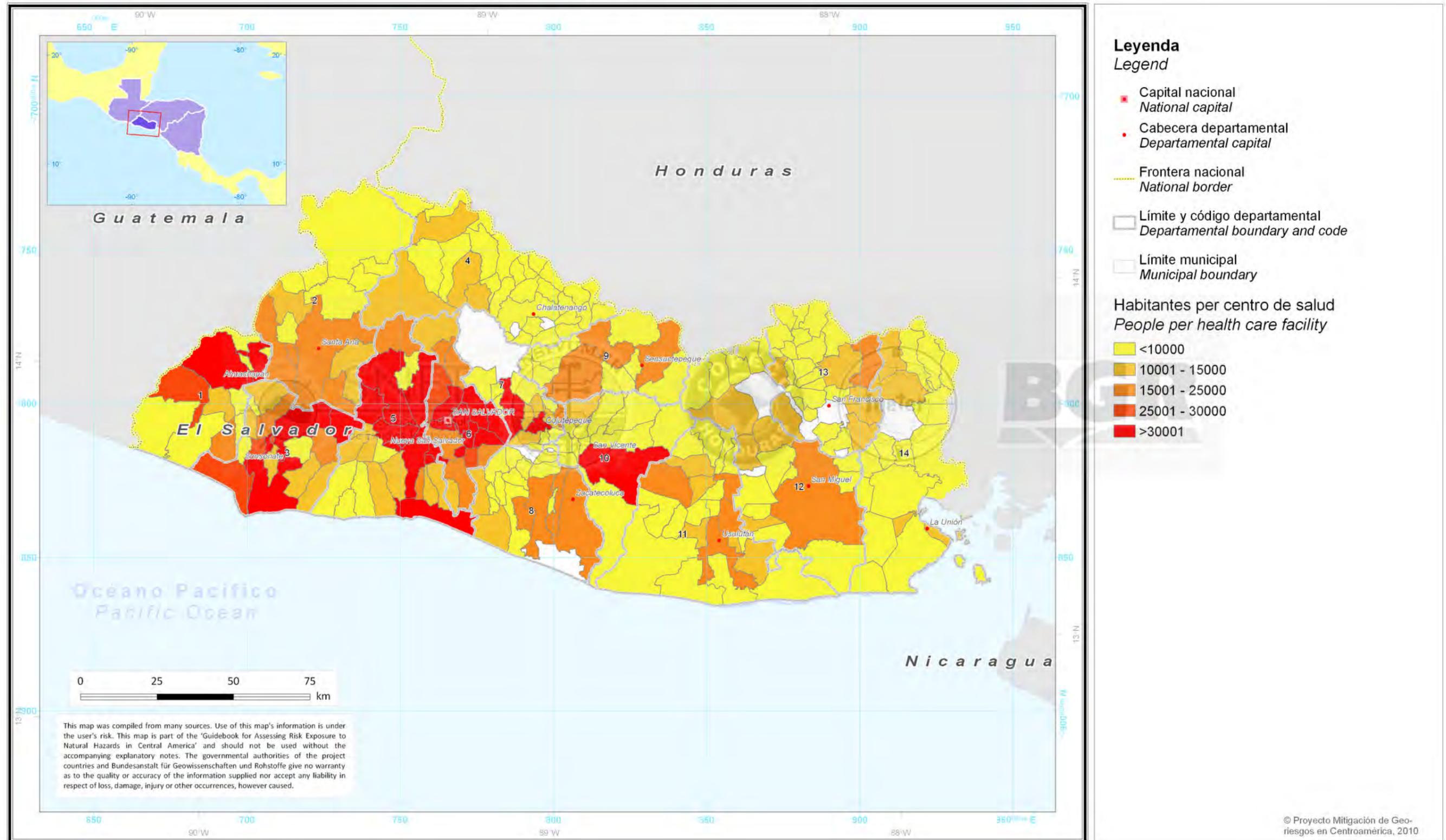
La transición de los colores, de amarillo a rojo oscuro, indica la tendencia del número de personas, de menor a mayor, quienes tienen que compartir una instalación pública de atención a la salud. Se puede suponer que en lugares donde mayor número de personas tienen que compartir un centro de salud, la probabilidad de recibir un tratamiento rápido es limitada y la mayoría de las personas necesitan más tiempo de viaje para llegar a la instalación de atención a la salud. Los Municipios que están en color blanco no tienen capacidad (véase *Metodología*, a la izquierda).

### Recomendaciones

- Para el mapeo de riesgos, se necesita la información auténtica sobre la capacidad, aún más de los elementos infraestructurales críticos. Por lo tanto, los datos que se utilizan para la evaluación de la capacidad del sistema de salud pública deben ser lo más actual posible para poder analizar la situación más afín a la realidad. Se necesita también actualizarlos regularmente. Esto es de mayor importancia para tomar las medidas adecuadas de preparación;
- Para que los mapas de capacidad de atención a la salud a escala nacional sean más significativos, los datos de entrada deben ser especificados de manera temática siempre que sea posible. Esto permitirá que el mapeo de la capacidad sea mucho más diferenciado, y eventualmente el del riesgo también.

## Capacidad del Sistema de Salud

### Health System Capacity





## Exposición a los Riesgos

El mapeo de la exposición a los riesgos que usa CARA-GIS requiere de la información de atributo y espacial ya ampliamente discutidos en los capítulos anteriores de este manual. No se dispone de datos agregados, ni de datos ocultos. Los mapas de riesgo son sólo una forma profesional de representar la información compilada de Base, Amenaza (A), Vulnerabilidad (V), y/o Capacidad (C) adecuada para responder a una serie de preguntas particulares tales como:

- ¿Quién o qué está expuesto a las amenazas naturales?
- ¿Cómo se puede distinguir la exposición a las amenazas naturales en una región con las condiciones que hay en otras regiones?
- ¿Cuales regiones/áreas tienen que ser priorizadas para la mitigación de riesgos de desastres?
- ¿Cómo cambiaría el nivel de riesgo si se pudiera influenciar los parámetros de entrada, p.ej. reduciendo la vulnerabilidad?

Existen múltiples posibilidades de reunir la información mencionada con el fin de obtener una declaración de capacidad de recuperación sobre el riesgo en que la sociedad, su población, su infraestructura o su economía están expuestas. A menudo, la coherencia de esta información es expresada en la ecuación Risk (R) = (A\*V)/C. Sin embargo, la determinación del riesgo, para las geo-amenazas, es más que una evaluación científica a ser abordada mediante los procedimientos de operación estandarizados. Es más, la determinación del riesgo siempre necesitará de una perspectiva política y social para decidir qué nivel de riesgo una sociedad está dispuesta a aceptar y para trazar las estrategias para priorizar los riesgos en caso de enfrentar más de un riesgo natural (p.ej. tecnológico).

Todos los mapas de riesgo diseñados por CARA-GIS son mapas de exposición ya que se basan en la información de susceptibilidad. En estos mapas, los elementos en riesgo son 'contados' en las áreas de susceptibilidad/amenaza. La exposición al riesgo está representada por un esquema de color que varía típicamente, del rojo (alta exposición al riesgo) al amarillo (baja exposición al riesgo). Teniendo en mente, una perspectiva supra-regional o en todo el país la información sobre el riesgo que está condesada a nivel de Municipio. Para mantener el análisis de riesgo simple, en principio, este manual se enfoca en ejemplos de este tipo. El análisis que se presenta abajo marca un paso inicial hacia más análisis de riesgos detallados tanto a nivel nacional como supra-regional que incorpora la distribución temporal de las amenazas (o sea, la probabilidad de ocurrencia) y la consiguiente pérdida económica de posibles eventos. Tales esfuerzos necesitan estar soportados por la recolección de datos que, actualmente no están disponibles. El orden principal de los mapas de exposición al riesgo ofrecidos de aquí en adelante se ajusta al siguiente esquema (véase también el *anexo*, página 102s):

- **Enfoque de Amenaza Única (Single-Hazard Approach):**
  - *Exposición a los riesgos a nivel nacional/Indicador de vulnerabilidad: Población (páginas 68 y 70);*
  - *Exposición a los riesgos a nivel nacional/Indicador de vulnerabilidad: Infraestructura (páginas 74, 72, y 76);*
  - *Exposición a los riesgos a nivel nacional/Indicador de vulnerabilidad: Capacidad de Atención a la Salud (página 78);*
  - *Exposición a los riesgos a nivel supra-regional/Indicador de vulnerabilidad: Población (página 80, y 82);*
  - *Exposición a los riesgos a nivel supra-regional/Indicador de vulnerabilidad: Infraestructura (página 84, y 86);*
  - *Exposición a los riesgos a nivel supra-regional/Indicador de vulnerabilidad: Potencial Económico (página 88).*
- **Enfoque de Amenaza Múltiple (Multi-Hazard Approach):**
  - *Exposición a los riesgos a nivel nacional/Indicador de vulnerabilidad: Infraestructura (página 90);*
  - *Exposición a los riesgos a nivel supra-regional/Indicador de vulnerabilidad: Población (página 92);*
  - *Exposición a los riesgos a nivel supra-regional/Indicador de vulnerabilidad: Infraestructura (página 94).*

A como ya fue mencionado, los mapas supra-regionales y nacionales solo reflejan una pequeña selección de mapas de riesgo basados teóricamente en posibles escenarios. El concepto CARA permite la creación rápida de nuevos mapas, simplemente incorporando la entrada de datos nuevos hasta ahora disponibles. Tal enfoque proporciona perspectivas importantes, particularmente para los propósitos planificados. Éste puede ser usado con el fin de desarrollar escenarios basados en las cifras de los cambios demográficos, o para la prueba de los escenarios del tipo 'que-sí (*what-if*)' como una base para las comparaciones del costo-beneficio (p.ej. los costos por mitigación para reducir el impacto del futuro desastre vs. el dinero que se ahorra, que es por otro lado, gastado en la reconstrucción y rehabilitación, después de ocurrido un desastre).

## Enfoque de Amenaza Única: Población Expuesta a Amenaza Volcánica, Ejemplo Nicaragua

### Contenidos del Mapa

El mapa muestra para cada Municipio de Nicaragua el número estimado de habitantes viviendo en áreas de amenaza volcánica potencial (caída de ceniza).

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Esta forma de representar la exposición de la población a la caída de ceniza volcánica permite la fácil comprensión del nivel de riesgo, en el nivel de Municipio, a lo largo de Nicaragua. Las regiones en alto riesgo y las áreas en donde las entidades administrativas podrían unir fuerzas para mitigar los riesgos que se hacen evidentes.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Este mapa ha sido recopilado por medio de la intersección del mapa de amenaza volcánica (caída de ceniza) en la página 48s y el de las áreas administrativas (en la página 24s). Esta intersección subsecuentemente ha sido combinada con las cifras poblacionales descritas en las páginas 36 y 60).

### Comentarios

Este mapa está basado en el escenario presentado en el mapa de amenaza en la página 48s, existen más escenarios para erupciones, pero no están presentados aquí.

La metodología descrita aquí y utilizada para los siguientes mapas, también se aplica para la planificación futura del uso de suelo o las proyecciones de población. Es así, muy valioso para los escenarios de comparación del tipo 'qué-sí (*what-if*)'.

### Metodología

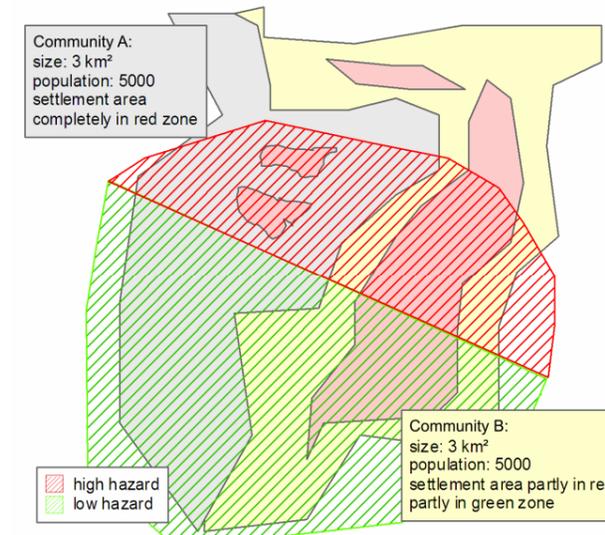
Para estimar el número de gente que son expuestas en un área de amenaza particular por cada Municipio, se requiere de dos tipos de información:

- La densidad poblacional modificada del Municipio, o sea, la densidad poblacional meramente basada en el área de asentamiento (véase la página 60);
- El tamaño del área de Municipio ubicada en un área de amenaza particular.

La suposición hecha aquí, es que la población vive en las áreas designadas en los conjuntos de datos del uso de suelo como áreas residenciales y/o asentamientos. La densidad de población modificada (en hab/km<sup>2</sup>) debe ser multiplicada por el tamaño del área del asentamiento que se cruza con una zona de amenaza particular (en km<sup>2</sup>). El resultado es el número de gente que vive en esta área, es decir, el número de habitantes expuestos a la amenaza particular. Esto es más comprensible viendo el ejemplo al lado derecho que ha sido usado antes para derivar la densidad poblacional modificada en la página 60.

El área total del asentamiento (polígonos rojos) de la comunidad A (gris) se halla dentro del área de amenaza alta, o sea, 0.3 km<sup>2</sup>. Por consiguiente, un total de 5000 habitantes vive en el área de amenaza alta. Para la comunidad B (amarillo), aproximadamente, solo la mitad del área del asentamiento se cruza con el área de amenaza alta, es decir, cerca de 0.6 km<sup>2</sup> (los números exactos son dados por el SIG). Por lo tanto, 0.6 km<sup>2</sup> \* 4167 hab/km<sup>2</sup> = 2505 personas están expuestas a la amenaza alta.

El siguiente paso es asignar los niveles de riesgos a esta información. En la representación del mapa, esto se ha hecho usando códigos de color, p.ej. verde (o sin color) para el no riesgo, amarillo para el riesgo moderado y el rojo para el riesgo alto. Sin embargo, es decisión del intérprete (o una decisión de los representantes de las comunidades A y B) como deben ser asignadas las clases de riesgos.



Esta ilustración está basada en la figura de la página 60 (Densidad Poblacional Modificada). Ahora, las áreas de amenaza alta y baja están agregadas a las dos comunidades modelos A y B con sus respectivas áreas de asentamientos descritas como polígonos rojos.

### Cómo leer este Mapa

La intención de este mapa es dar una rápida visión a quienes toman decisiones a nivel nacional o sub-nacional, acerca de la exposición al riesgo de la población en áreas de amenaza volcánica (caída de ceniza).

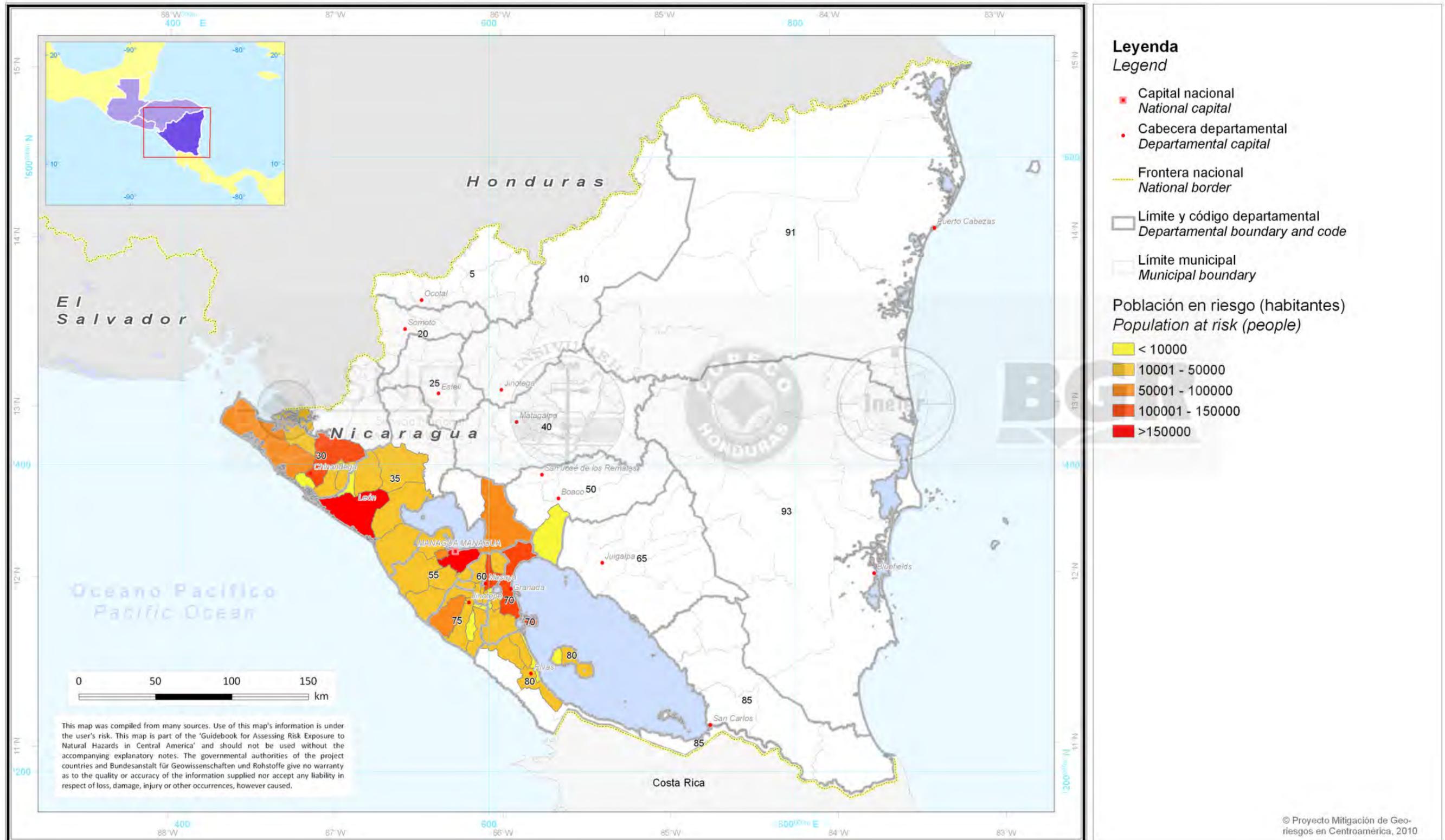
La clasificación usada aquí varía del amarillo (pocos habitantes expuestos) al rojo (muchos habitantes expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variabilidad de los valores obtenidos en la evaluación. Los resultados detallados y completos de esta evaluación, están disponibles en la base de datos del CARA-GIS (véase *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17ss).

### Recomendaciones

- La amenaza por caída de ceniza crea ciertos tipos de riesgos para las edificaciones y la gente. La fuerte caída de cenizas en combinación con lluvias prolongadas puede provocar el colapso de los techos debido al peso acumulado. El mapa puede también ser usado para el monitoreo de capacidad detallado: en regiones de riesgo aumentado, se debe comprobar si los techos están contruidos de acuerdo a los códigos de construcción recomendados, y si las instalaciones de viviendas son suficientes para la gente con el propósito de protegerlos del impacto directo de las cenizas calientes durante el evento de una erupción;
- El nivel de riesgo aceptable expresado en este mapa está reflejado en el ancho de clase del código de color de exposición de la población. Este código de color necesita ser ajustado de modo que los mapas y evaluaciones reflejen el nivel de riesgo aceptable en consenso con la sociedad y de acuerdo con las metas de desarrollo del gobierno de la región.

## Población Expuesta a Amenaza Volcánica (Caída de Ceniza)

*Population Exposure to Volcanic Hazard (Ash Fall)*



## Enfoque de Amenaza Única: Población expuesta a Amenaza de Inundaciones, Ejemplo El Salvador

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional muestra para cada Municipio de El Salvador, el número estimado de habitantes expuestos a las áreas de 'alta' y 'muy alta' amenaza de inundaciones.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Esta forma de representar la exposición de la gente a las amenazas por inundaciones permite una comparación fácil del nivel de riesgo en el nivel de Municipio en todo El Salvador. Las regiones en alto riesgo y las áreas en donde las entidades administrativas podrían unir fuerzas para mitigar los riesgos, son evidentes.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Este mapa ha sido recopilado por medio de la intersección del mapa de amenaza por inundaciones (en la página 52s) y las áreas administrativas (en la página 24s). Esta intersección ha sido, subsecuentemente, combinada con las cifras de población descritas en las páginas 36 y 60).

### Comentarios

La metodología aquí descrita también se aplica para la planificación del uso futuro de suelo o las proyecciones de población. Es así, que es muy valiosa para los escenarios de comparación del tipo 'qué-si (*what-if*)'.

Para el análisis de la exposición de riesgo de inundación adicional véase la página 74.

### Metodología

Para estimar el número de personas que están expuestas al área propensa de inundación 'alta' y 'muy alta' para cada Municipio, se requiere de dos grupos de información:

- La densidad poblacional modificada del Municipio, es decir, la densidad poblacional meramente basada en las áreas de los asentamientos (véase la página 60);
- El tamaño de las áreas del asentamiento de Municipio, que se hallan en las áreas propensas a inundación 'alta' y 'muy alta'.

El tamaño de las áreas de los asentamientos de Municipio, que se hallan dentro de las áreas propensas a la inundación y la suposición intrínseca hecha aquí, es que la población vive en las áreas designadas en el conjunto de datos del uso de suelo como lo son las áreas residenciales y/o asentamientos. La densidad de población modificada (en hab/km<sup>2</sup>) necesita ser multiplicada por el tamaño de las áreas de asentamientos que se superpone con las áreas propensas a inundación 'alta' o 'muy alta' (en km<sup>2</sup>). El resultado es el número de personas que viven en estas zonas, o sea, el número de personas expuestas a las áreas de 'alta' o 'muy alta' amenaza por inundaciones (para obtener información más detallada, se hace referencia a las explicaciones relativas a la exposición de la población en la página 68). La tabla siguiente es un extracto de los análisis de la base de datos sobre la cual se basa el mapa.

Código de Departamento	Código de Municipio	Nombre del Municipio	Número de Personas Expuestas	Porcentaje dentro del Municipio
...	...	...	...	...
4	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
4	432	SANTA RITA	523	8.7
4	433	TEJUTLA	2844	20.9
5	501	SANTA TECLA	2118	1.7
5	502	ANTIGUO CUSCATLAN	1926	5.7
5	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
5	503	CIUDAD ARCE	6930	11.5
5	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
...	...	...	...	...

### Cómo leer este Mapa

La intención de este mapa es dar una vista rápida a quienes toman las decisiones en un nivel sub-nacional y nacional acerca de la exposición a los riesgos de la población en las áreas propensas a la inundación.

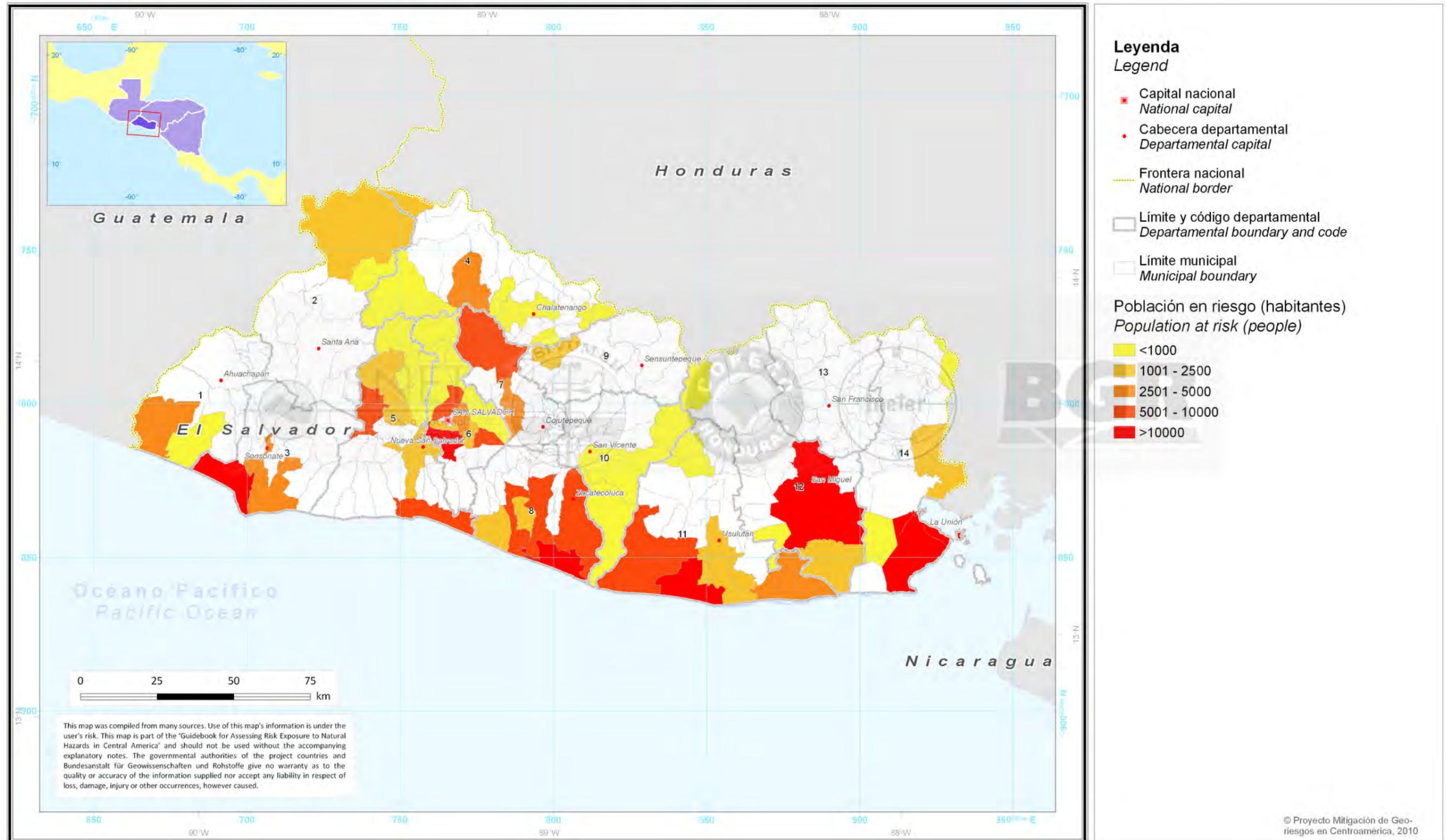
La clasificación aquí usada varía del amarillo (pocos habitantes expuestos) al rojo (muchos habitantes expuestos). El ancho de clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido con el fin de facilitar la representación visual de la variabilidad de los valores obtenidos en la evaluación. Los Municipios coloreados en blanco no tienen áreas de asentamientos investigadas expuestas a la amenaza de inundación 'alta' o 'muy alta' o, la amenaza por inundaciones no es relevante (en la tabla anterior: valor <NULO>). Los resultados detallados y completos de esta evaluación pueden acceder en la *geodatabase* (véase *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17ss).

### Recomendaciones

Este mapa es un análisis a escala nacional. Esto significa que las restricciones provocadas, por los asuntos relacionados con la escala, deben ser tomadas en cuenta.

# Población Expuesta a Amenazas de Inundaciones

Population Exposure to Inundation Hazard



## Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura Expuesta a Amenaza Volcánica, Ejemplo Nicaragua

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional muestra para cada Municipio de Nicaragua la suma de kilómetros de carreteras expuestas al escenario de la amenaza volcánica específica presentado en la página 48s.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Las evaluaciones del riesgo no están limitadas al estudio de cómo la población está expuesta a las amenazas. La infraestructura constituye otra categoría de 'elemento en riesgo'. El conocimiento acerca de las localizaciones de infraestructura crítica también como, la cantidad de objetos individuales o de sus valores económicos en riesgo, proporciona la información importante para los propósitos planificados tales como, las evaluaciones del costo-beneficio (véase también la sección sobre *Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura, Caso de Estudio Evaluación de Pérdida Potencial, Ejemplo Nicaragua*, página 76).

Los eventos de caída de cenizas pueden crear varios problemas, algunos locales, y algunos regionales, otros aún, en las áreas continentales.

Además de eso, la infraestructura de carreteras juega un papel importante durante y después de una crisis de desastres. Durante una crisis inmediata, ellos pueden servir como rutas de evacuación, después de la crisis, se necesitan para acceder a las áreas afectadas y para enviar suministros de ayuda para desastres.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos de carreteras sobre los que este mapa está basado se describen con más detalles en la página 32. Las líneas de demarcación fueron tomadas de las fuentes mencionadas en la página 24), los datos de amenaza volcánica se enumeran en las explicaciones en la página 48).

### Comentarios

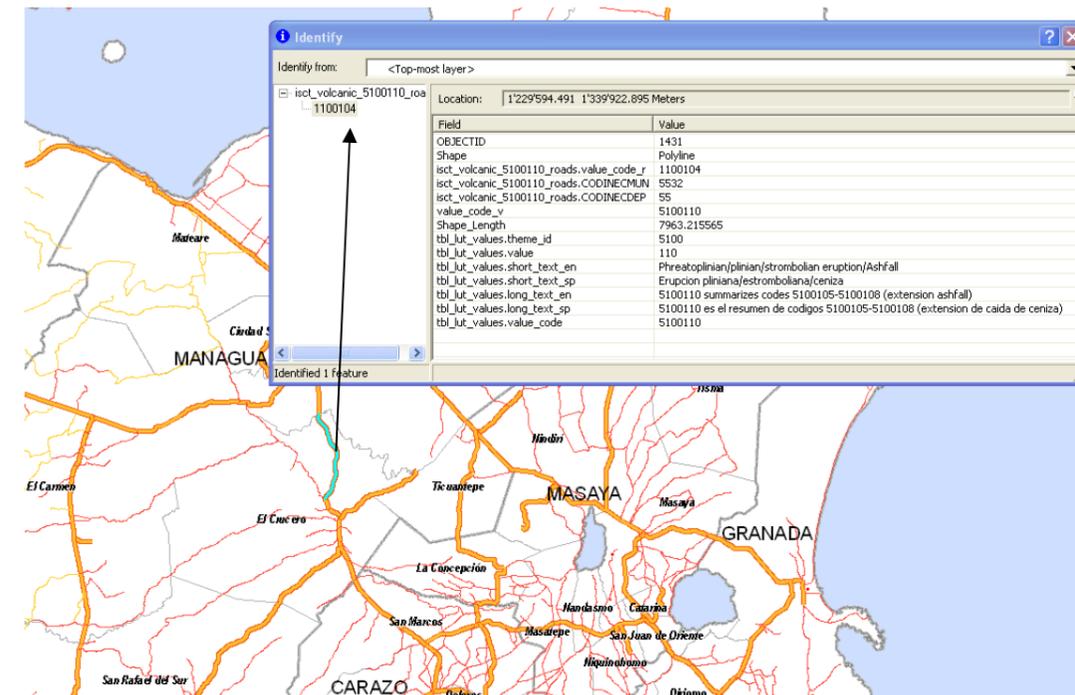
En total, hay 5000 km de carreteras aproximadamente (¡de todas las categorías!) expuestas al escenario de la caída de cenizas. Nuevas mejoras para este mapa se podrían lograr al calificar los datos de carreteras con atributos más detallados, tales como el ancho de la carretera, o especificando los costos por construcción.

### Metodología

El mapa se obtuvo por medio de la intersección de las capas de datos de los límites administrativos (página 24), la red vial de Nicaragua (parcialmente visible en el mapa en la página 32s) y la amenaza por caída de cenizas (página 42).

La sección del mapa en la figura de abajo muestra los datos básicos de los cuales se obtuvo el mapa grande. Cada sección de carretera está coloreada de acuerdo al tipo de carretera que representa.

Un ejemplo está dado en la ventana de diálogo SIG: la sección de un carretera marcada en color turquesa atraviesa el área de amenaza volcánica (CARA-GIS código de valor: 5100110), tiene una longitud total de 7963.2 m, está designada como un tipo de carretera 1110104, la cual es un camino pavimentado, y está ubicado en el Municipio 5532 (El Crucero, parte del Departamento de Managua). Los valores de longitud están totalizados para la red vial y el mapa representado a nivel del Municipio.



Mapa y diálogo de ventana abierta SIG

### Cómo leer este Mapa

La intención de este mapa es dar una visión rápida a quienes toman las decisiones a nivel regional o nacional acerca de la exposición al riesgo de la red vial debido a la amenaza por la caída de cenizas.

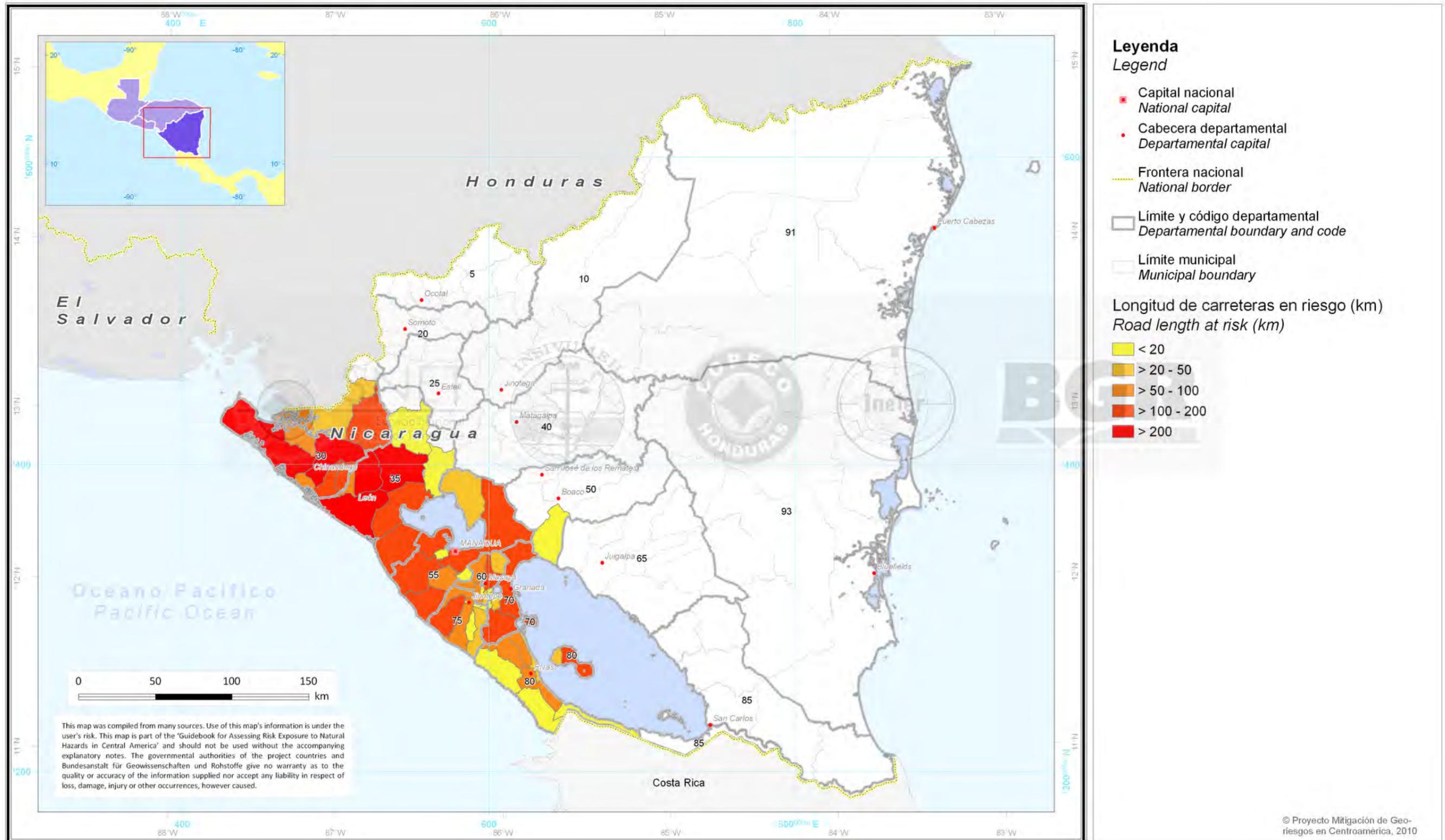
La clasificación aquí usada varía del amarillo (pocos kilómetros expuestos) al rojo (muchos kilómetros expuestos). El ancho de clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variabilidad de valores obtenidos en la evaluación. Los datos detallados y completos de esta evaluación pueden estar disponibles en la *geodatabase* (véase la sección sobre *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17ss).

### Recomendaciones

- La evaluación de riesgos similares puede ser hecha con los elementos de la infraestructura adicional tales como, líneas de transmisión eléctrica, tuberías, líneas de ferrocarril, etc.;
- El riesgo para la infraestructura de carreteras puede fácilmente ser transferido a las cifras económicas, si los costos promedio para la construcción o reconstrucción de carreteras se conocen. Por ello, los esfuerzos para reunir tales datos, aquí son recomendados;
- El nivel de riesgo aceptable expresado en este mapa es reflejado en el ancho de clase del código del color de la exposición de la longitud de la carretera. Este código del color necesita ser ajustado para reflejar el nivel de riesgo aceptable en consenso con la sociedad.

## Longitud de Carreteras (km) Expuestas a Amenaza Volcánica (Caída de Ceniza)

*Length of Roads (km) Exposed to Volcanic Hazard (Ash Fall)*



## Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura Expuesta a Amenaza por Inundaciones, Ejemplo El Salvador

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional muestra para cada Municipio de El Salvador la suma de kilómetros de carreteras expuestas a las áreas de amenaza 'alta' y 'muy alta' por inundaciones.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Las evaluaciones del riesgo no están limitadas a estudiar cómo la población está expuesta a las amenazas. La infraestructura constituye otra categoría de 'elemento en riesgo'. El conocimiento acerca de las localizaciones de infraestructura crítica, también como la cantidad de objetos individuales o sus valores económicos en riesgo que proporcionan información importante para propósitos planificados, tales como las evaluaciones del costo-beneficio (véase también la sección sobre *Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura, Caso de Estudio Evaluación de Pérdida Potencial, Ejemplo Nicaragua*, página 76).

Además de eso, la infraestructura de carreteras juega un papel importante durante y después de una crisis de desastre. Durante una crisis inmediata, ellas pueden servir como rutas de evacuación, después de una crisis, se necesitan como rutas de acceso a las áreas afectadas y para el envío de suministro de ayuda para desastres.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos sobre caminos en los cuales este mapa está basado, se describen más detalladamente en la página 32. Las líneas de demarcación fueron tomadas de las fuentes mencionadas en la página 24. El mapa de amenaza por inundaciones está explicado en la página 52.

### Comentarios

En total, hay casi 2400 km de carreteras (¡de todas las categorías!) expuestas a la amenaza por inundaciones. Fuera de los 262 Municipios, 107 son afectados (aprox. 40 %). El grado más alto de afectación potencial es evaluado por los Municipios del ambiente costero. Nuevas mejoras de este mapa se podrían lograr, calificando los datos de las carreteras con más atributos detallados, tales como, el ancho del camino o especificando los costos de construcción.

### Metodología

El mapa fue obtenido por la intersección de las capas de datos de los límites administrativos (página 24), la red de carreteras de El Salvador (parcialmente visible en el mapa en la página 32s) y las categorías 'alta' y 'muy alta' del mapa de amenaza por inundaciones (página 42).

El proceso de la intersección esencialmente es el mismo usado para evaluar la exposición de la infraestructura para las amenazas volcánicas en Nicaragua, descritas más detalladamente en las páginas previas.

La siguiente tabla es un extracto de los análisis de la base de datos sobre la cual se basa el mapa. Los Municipios con el valor <NULO> no tienen carreteras expuestas a inundaciones.

Código del Departamento	Código del Municipio	Nombre del Municipio	Km de Caminos Expuestos
...	...	...	...
2	210	<NULO>	<NULO>
2	211	SANTA ROSA GUACHIPILIN	1
2	212	<NULO>	<NULO>
2	213	TEXISTEPEQUE	0
3	301	SONSONATE	59
3	302	ACAJUTLA	116
3	303	ARMENIA	2
3	304	<NULO>	<NULO>
3	305	CUISNAHUAT	0
3	306	<NULO>	<NULO>
...	...	...	...

### Cómo leer este Mapa

La intención de este mapa es dar una rápida visión a quienes toman decisiones a nivel sub-nacional o nacional acerca de la exposición al riesgo de la red vial para las zonas de amenaza por inundaciones 'alta' y 'muy alta'.

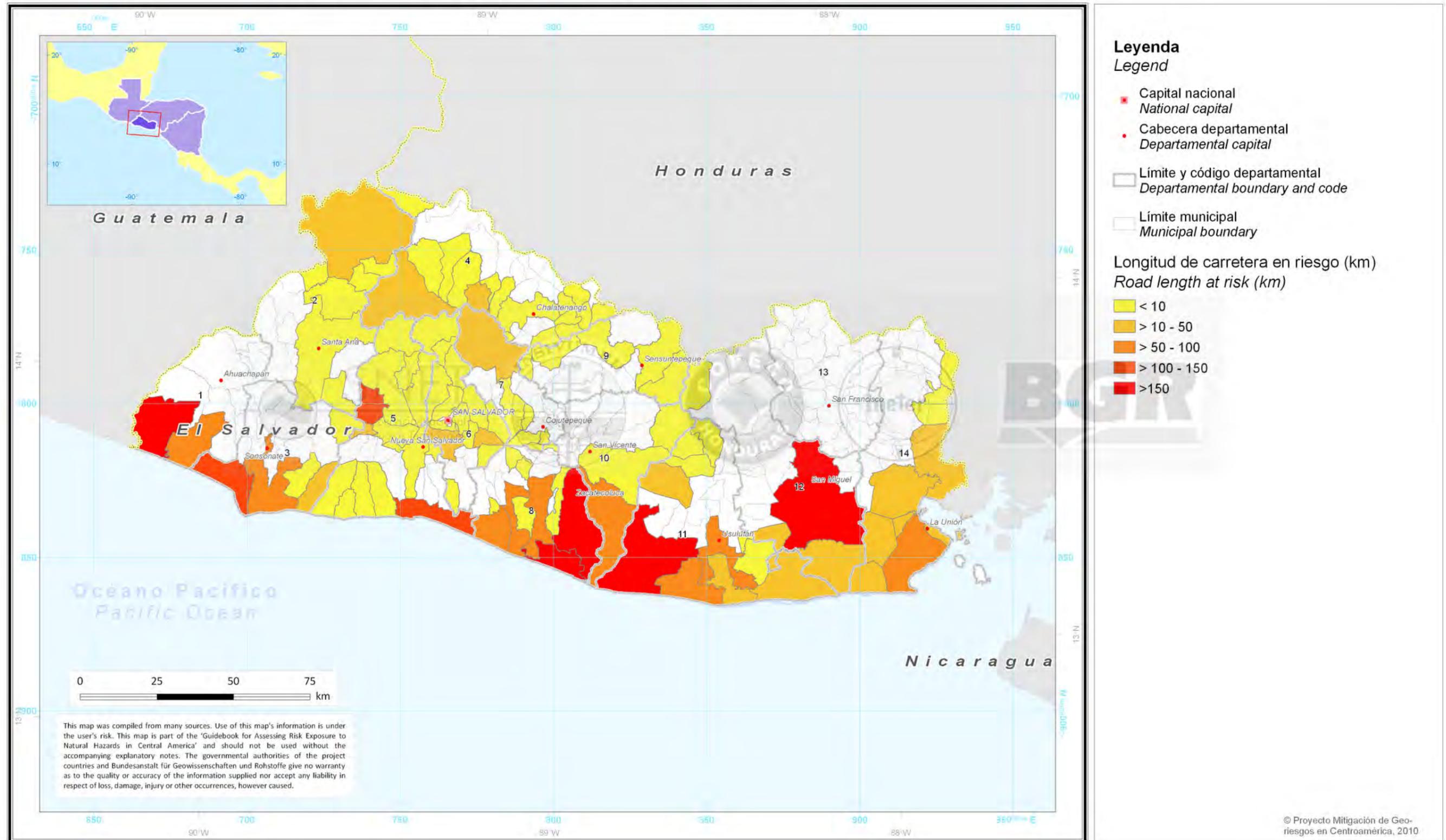
La clasificación, aquí usada, varía del amarillo (pocos kilómetros expuestos) al rojo (muchos kilómetros expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variabilidad de valores obtenidos en la evaluación. Los Municipios de color blanco no tienen carreteras investigadas, expuestas a las zonas propensas a inundación 'alta' o 'muy alta', o la amenaza por inundaciones no es relevante. Se puede acceder a los resultados detallados y completos de esta evaluación en la *geodatabase* (véase *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17s).

### Recomendaciones

- Para que el mapa de la exposición al riesgo pueda darse, son válida las recomendaciones similares a las anteriores;
- Particularmente, se recomienda para la prevención de desastres, usar la base de datos subyacente para los análisis más detallados de los puntos de acceso en regiones críticas. Sin embargo, la calidad de dichos análisis depende mucho en la calidad de la localización y en la actualización y mantenimiento de los datos.

## Carreteras (km) Expuestas a Inundaciones (Amenaza Alta y Muy Alta)

*Length of Roads (km) Exposed to High and Very High Inundation Hazard*



Exposición a los Riesgos

## Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura, Caso de Estudio Evaluación de Pérdida Potencial, Ejemplo Nicaragua

### Contenidos del Mapa

Este mapa nacional muestra los activos estimados de las carreteras (pavimentadas) más importantes expuestas a la 'alta' o 'muy alta' susceptibilidad por deslizamiento en Nicaragua.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Estimar los costos de los activos de infraestructura es un paso importante en cualquier estudio de evaluación de riesgos. Mientras que en los niveles locales, las cantidades detalladas para las carreteras individuales pueden estar disponibles, esto se hace más difícil en las evaluaciones de escala pequeña en escalas nacionales o aún en las supra-regionales. En estas escalas, tales estimaciones necesitan de una recolección de datos sistemáticos o bien un enfoque de modelo integral.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos de carreteras sobre los cuales este mapa se basa, se describen en mayor detalle en la página 32 (parte de Nicaragua). Los límites administrativos fueron tomados de las fuentes mencionadas en la página 24, el mapa de susceptibilidad por deslizamiento está explicado en la página 50 (parte de Nicaragua).

La valoración del costo requerido está basada en un proyecto de carreteras (1/2008 hasta 2/2009) completado recientemente, que cubre de Diriamba a la Boquita y Casares, respectivamente. La carretera construida tiene una longitud de 32 km y de acuerdo a fuentes gubernamentales ([www.mti.gob.ni/noticias190.html](http://www.mti.gob.ni/noticias190.html)) incluye una inversión de 185 millones de Córdobas (NIO). Una simple división da un valor de 5078 millones de NIO por km de carretera (aprox. 0.3 millones US\$).

### Comentarios

Este mapa debe ser visto como un primer paso hacia el mapeo de asignación de activos de infraestructura. En conjunto, 'un valor' aproximado de 93.6 millones de US\$ están expuestos a la 'alta' y 'muy alta' susceptibilidad por deslizamientos. Consulte las páginas 62 y 88 para los tópicos económicos adicionales.

### Metodología

El mapa se obtuvo por medio de la intersección de las capas de datos de las líneas de demarcación (página 24), la red de carreteras (restricción: carretera pavimentada) de Nicaragua (parcialmente visible en el mapa en la página 32s) y las categorías 'alta' y 'muy alta' del mapa de susceptibilidad por deslizamientos (página 50s). El proceso de intersección está descrito en mayores detalles en la página 72. Cada km de carretera pavimentada fue multiplicado por los costos de construcción y luego totalizado por Municipio.

La tabla en la parte baja del lado derecho es un extracto del análisis de la base de datos sobre la cual se basa el mapa. Los Municipios con el valor <NULO> no tienen mayores carreteras expuestas a la alta o muy alta susceptibilidad de deslizamientos.

Código del Departamento	Código del Municipio	Nombre del Municipio	Km de Carreteras Expuestas	Activos Totales en NIO	Activos Totales en US\$
10	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
10	1035	Jinotega	18	104	5.39
20	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
20	2010	Totogalpa	1	8	0.4
20	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
20	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
20	2025	Palacagüina	1	3	0.18
20	2030	Yalagüina	<NULO>	3	0.14
20	2035	San Lucas	3	17	0.87

### Cómo leer este Mapa

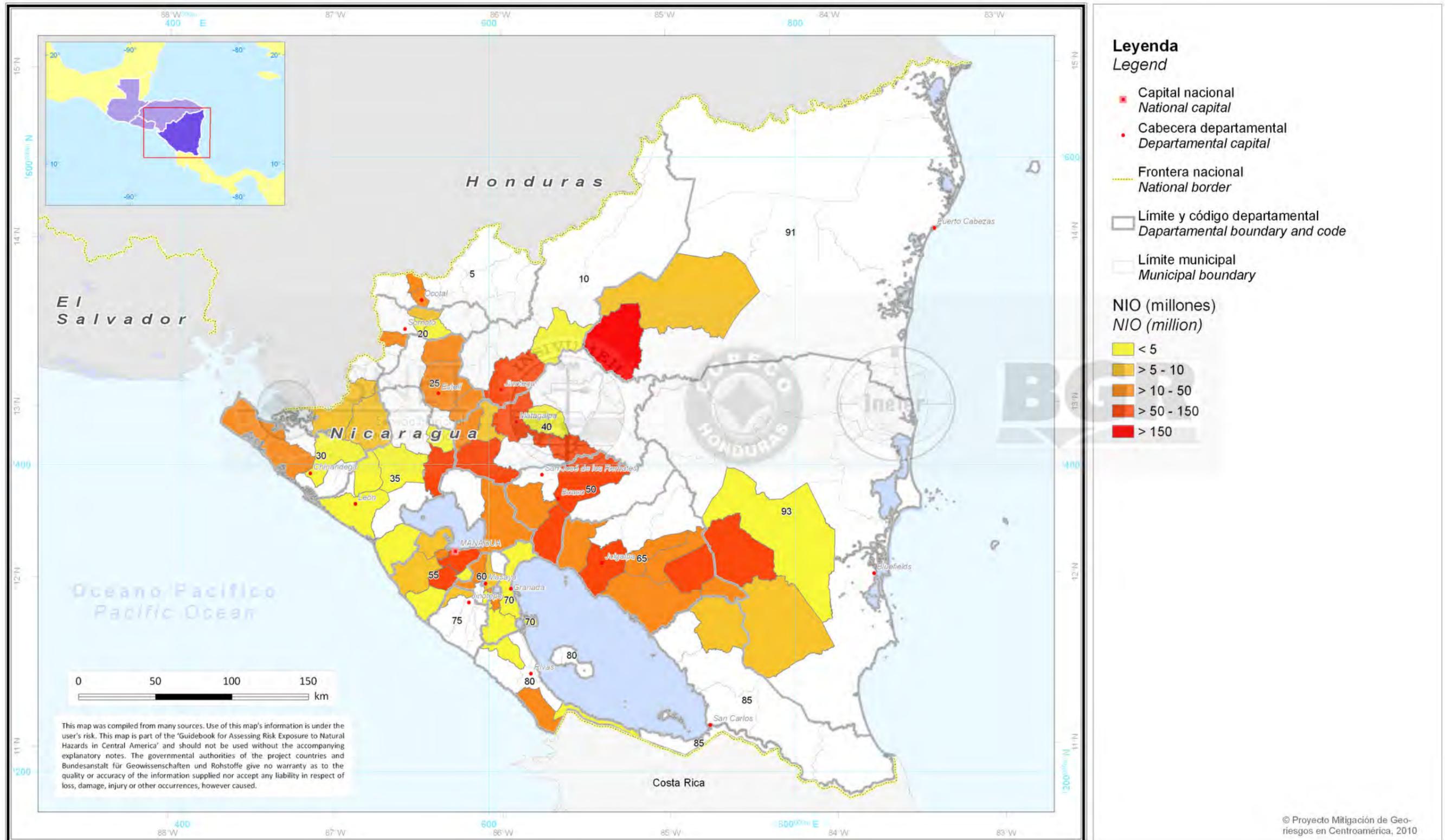
La intención de este mapa es dar una rápida visión a quienes toman las decisiones a nivel nacional acerca de la exposición al riesgo de la red vial para la amenaza por deslizamientos. La clasificación aquí usada varía del amarillo (poca exposición) al rojo (mucho gente expuesta). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variabilidad de los valores obtenidos en la evaluación. Los Municipios de color blanco no tienen carreteras encuestadas expuestas a la 'alta' y 'muy alta' áreas propensas a los deslizamientos o bien, la amenaza por deslizamiento no es relevante. Consecuentemente, no hay un activo de carretera expuesto a esta amenaza. Se puede acceder a los resultados detallados y completos de esta evaluación en *geodatabase* (véase *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17ss).

### Recomendaciones

Debido al hecho de que este mapa se basa en datos limitados sobre los costos estimados, los resultados aquí presentados deben ser vistos como muy preliminares. La intención es la de sensibilizar a aquellos relacionados con los geo-riesgos para los temas relacionados al costo. Se recomienda ejecutar estudios comparables basados en más información resistente sobre la construcción de carreteras y los costos de mantenimiento.

### Caso de Estudio: Patrimonio de Carreteras Principales Expuestas a Deslizamientos (Susceptibilidad Alta - Muy Alta)

Case Study: Major Road Assets Exposed to High and Very High Landslide Susceptibility



Exposición a los Riesgos

## Enfoque de Amenaza Única: Instalaciones de Atención a la Salud Expuestas a Amenaza por Deslizamientos, Ejemplo El Salvador

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional muestra el número de instalaciones de atención a la salud públicas para cada Municipio en El Salvador, situados en zonas de 'alta' o 'muy alta' susceptibilidad a los deslizamientos.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Esta forma de representar las instalaciones de atención a la salud expuestas a la susceptibilidad de deslizamientos permite una fácil comparación del grado de exposición al riesgo en el nivel del Municipio a lo largo de El Salvador. Los Municipios individuales en mayor riesgo y en áreas más grandes en donde las entidades administrativas podrían unir fuerzas para mitigar los riesgos, se hacen evidentes. Así, este mapa debe proporcionar la motivación a quienes toman las decisiones para el escrutinio y re-evaluación existente de las medidas de mitigación para las instalaciones de atención a la salud en áreas propensas a los deslizamientos.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Este mapa ha sido recopilado por medio de la intersección de la información de susceptibilidad por deslizamientos (página 50) y las áreas administrativas (en la página 24s). Subsecuentemente, el resultado intermedio ha sido relacionado con la distribución espacial de las instalaciones de atención a la salud descritas en la página 64.

### Comentarios

Mediante el suministro de la información espacial de las instalaciones de atención a la salud para el país centroamericano respectivo, los mapas nacionales comparables de exposición al riesgo y, después de todo, un mapa supra-regional puede ser creado directamente.

### Metodología

Para tener capacidad de determinar el número de instalaciones de atención a la salud, en cada Municipio, que están expuestas a las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' y 'muy alta', son esenciales dos grupos de información:

- Las áreas proporcionadas de un Municipio que se encuentra dentro de las zonas de susceptibilidad de deslizamientos 'alta' y 'muy alta';
- La distribución espacial de las instalaciones de atención a la salud por Municipio (véase página 64).

La suposición hecha aquí es contar el número de instalaciones de atención a la salud en el nivel de Municipio situado en las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' y 'muy alta'. Del total de 262 Municipios, 129 han sido encuestados cumpliendo estas limitaciones. En otras palabras, 129 Municipios tienen, al menos, una instalación de atención a salud situado en las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' y 'muy alta'. Es obvio, que la probabilidad para que una instalación de atención a la salud sea golpeada por un deslizamiento es alta en aquellos Municipios en donde la densidad de instalaciones de atención a la salud es más alta en comparación a aquella con solo algunas instalaciones (véanse los ejemplos en la tabla: solamente los Municipios que tienen un número de instalaciones mayores que 5).

Municipio	Número de Instalaciones de Atención a la Salud (Todas) por Municipio	Número de Instalaciones de Atención a la Salud por Municipio Expuestas a la 'Alta/Muy Alta' Zonas de Susceptibilidad de Deslizamientos
San Salvador	15	6
San Miguel	11	3
Santa Ana	10	2
Conchagua	7	2
Metapan	6	2
<i>San Francisco Menéndez</i>	6	0 (de color blanco)
<i>Jiquilisco</i>	6	0 (de color blanco)

### Cómo leer este Mapa

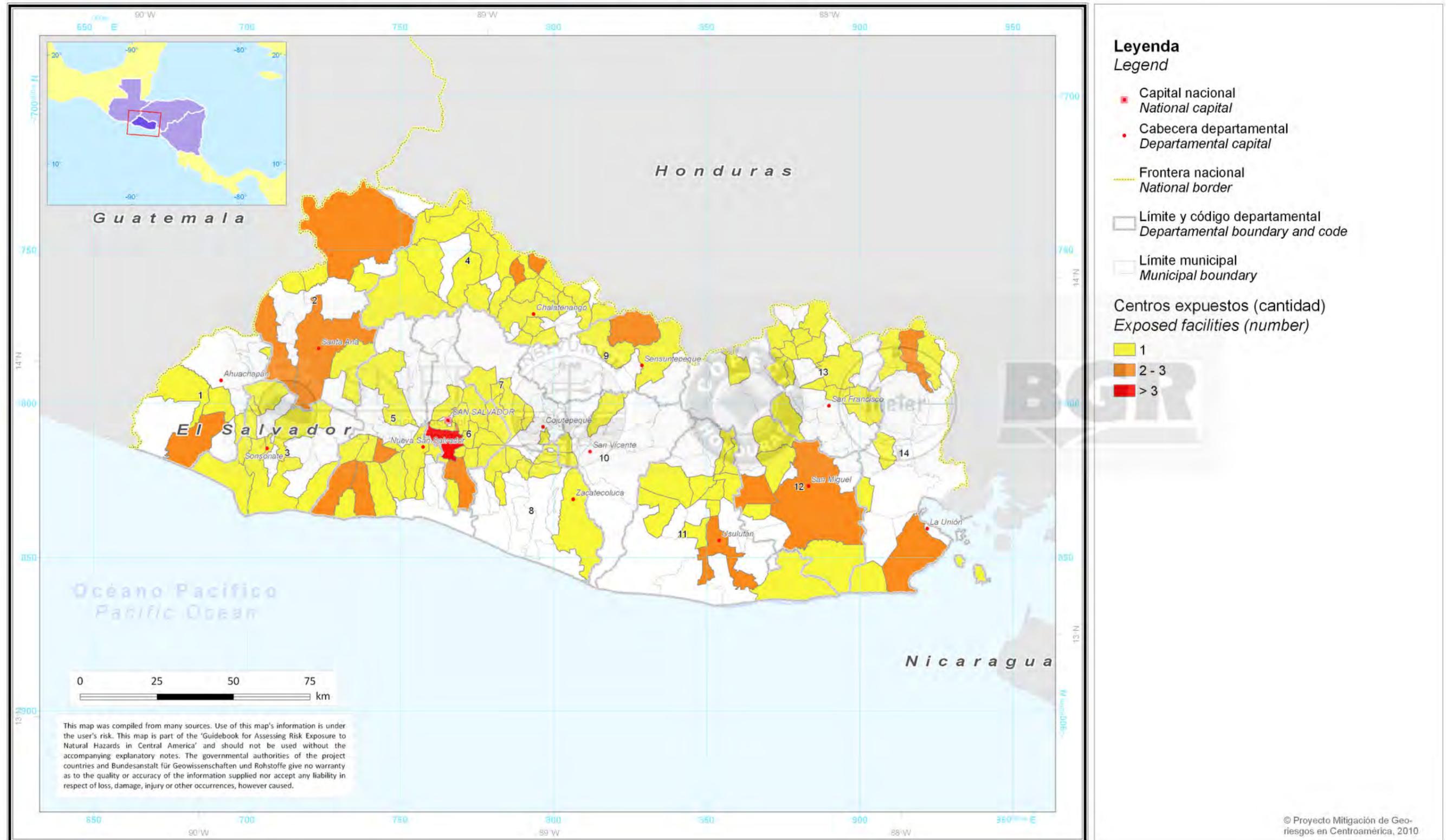
El objetivo de este mapa es dar una sinopsis rápida para quienes toman las decisiones a nivel sub-nacional y nacional acerca de la exposición al riesgo de las instalaciones de atención a la salud en las áreas propensas a los deslizamientos (susceptibilidad 'alta'/'muy alta'). La clasificación aquí usada varía del amarillo (una instalación está expuesta) al rojo (más de tres instalaciones están expuestas). Los Municipios de color blanco (véase también los ejemplos de los Municipios *Jiquilisco* y *San Francisco Menéndez* en la tabla de abajo) no tienen encuestadas las instalaciones expuestas a las 'alta' y 'muy alta' áreas propensas a deslizamientos o, la amenaza por deslizamientos no es relevante. Las conclusiones detalladas y completas de esta evaluación pueden estar disponibles en *geodatabase* (véase la página 17ss).

### Recomendaciones

- En las regiones, en donde los mapas más detallados están disponibles, se recomienda realizar este análisis. Por favor, consultar a las autoridades responsables para la disponibilidad de los mapas individuales;
- Se recomienda actualizar y mejorar la información sobre las instalaciones de atención a la salud tan frecuentemente como sea posible;
- De acuerdo a la relevancia de estos mapas específicos de exposición al riesgo nacional, es aconsejable re-evaluar el mapa de susceptibilidad por deslizamientos en caso de tener acceso para mejorar los datos de entrada, p.ej. DEM de alta resolución basada en LIDAR.

## Centros de Atención Médica Expuestos a Susceptibilidad por Deslizamientos (Alta-Muy Alta)

Healthcare Facilities Exposed to Landslide Susceptibility (High - Very High)



Exposición a los Riesgos

## Enfoque de Amenaza Única: Población Expuesta a Amenaza por Deslizamientos, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra para cada Municipio de los países centroamericanos, el número estimado de habitantes expuestos a las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' o 'muy alta'.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Esta forma de representar la exposición de la población a las áreas propensas a los deslizamientos, permite la fácil comparación del nivel del riesgo en el nivel del Municipio a través de los países. Las regiones en alto riesgo y las áreas en donde las entidades administrativas, quizás más allá de las fronteras nacionales, podrían unir fuerzas para mitigar los riesgos que son evidentes.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Este mapa ha sido compilado por medio de la intersección del mapa de susceptibilidad por deslizamientos (página 50) y las áreas administrativas (en la página 24s). Esta intersección ha sido subsecuentemente combinada con las cifras de población descritas en las páginas 36 y 60.

### Comentarios

La metodología aquí descrita también se aplica para la planificación del uso de suelo o las proyecciones poblacionales. Es así muy valioso para los escenarios de comparación del tipo 'qué-sí (*what-if*)'. La suma total de la población expuesta a la 'alta' o 'muy alta' susceptibilidad por deslizamientos está ligeramente por encima de los 3,4 millones (sin contar Honduras). Existe un sesgo en los datos, el cual también es visible en el mapa. Los valores para Guatemala tienden a ser más altos cuando son comparados al resto. Una explicación posible podría ser que el mapa del uso de suelo de Guatemala muestra una porción de área mucho más alta para el uso de asentamientos que el de los otros países.

### Metodología

Para poder estimar el número de personas por Municipio que está expuesto a las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' y 'muy alta', se requiere de dos grupos de información:

- La densidad poblacional modificada del Municipio, es decir la densidad poblacional basada meramente en el área de asentamiento (véase la página 60);
- El espacio de las áreas de asentamiento del Municipio que se halla dentro de la zona de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' o 'muy alta'.

La suposición hecha aquí es que la población vive en las áreas designadas en el conjunto de datos del uso de suelo como áreas residenciales/o asentamientos. La densidad poblacional modificada (en hab/km<sup>2</sup>) debe ser multiplicada por el tamaño del área del asentamiento que se halla dentro de las 'altas' y 'muy altas' zonas susceptibles por deslizamientos (en km<sup>2</sup>). El resultado es el número de personas que viven en zonas de susceptibilidad por deslizamiento 'alta' y 'muy alta' (para mayor información, se hace referencia a las explicaciones con respecto a la exposición de la población en la página 68.)

La tabla al lado derecho es un extracto del análisis de la base de datos sobre la cual se basa el mapa. Los Municipios con el valor <NULO> no tienen áreas de asentamientos expuestos a la 'alta' o 'muy alta' susceptibilidad por deslizamientos.

Pais	Código del Departamento	Código del Municipio	Nombre del Municipio	Personas Expuestas	Porción de Población Total del Municipio (%)
El Salvador	...	...	...	...	...
El Salvador	1	105	El Refugio	196	2
El Salvador	1	106	<NULO>	<NULO>	<NULO>
El Salvador	1	107	Jujutla	13135	46
El Salvador	1	108	San Francisco Menéndez	3711	9
El Salvador	1	109	<NULO>	<NULO>	<NULO>
El Salvador	1	110	San Pedro Puxtla	5385	69
El Salvador	...	...	...	...	...
Guatemala	...	...	...	...	...
Guatemala	11	1106	San Andres Villa Seca	19139	11
Guatemala	11	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
Guatemala	11	1108	Nuevo San Carlos	18497	11
Guatemala	11	1109	El Asintal	12198	11
Guatemala	12	1201	San Marcos	15298	12
Guatemala	12	1202	San Pedro Sacatepequez	4529	12
Guatemala	...	...	...	...	...
Nicaragua	...	...	...	...	...
Nicaragua	10	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
Nicaragua	10	1020	San Rafael del Norte	7748	43
Nicaragua	10	1025	San Sebastián de Yalí	15758	58
Nicaragua	10	<NULO>	<NULO>	<NULO>	<NULO>
Nicaragua	10	1035	Jinotega	28552	28
Nicaragua	20	2005	Somoto	2100	6
Nicaragua	20	2010	Totogalpa	3578	30
Nicaragua	...	...	...	...	...

### Cómo leer este Mapa

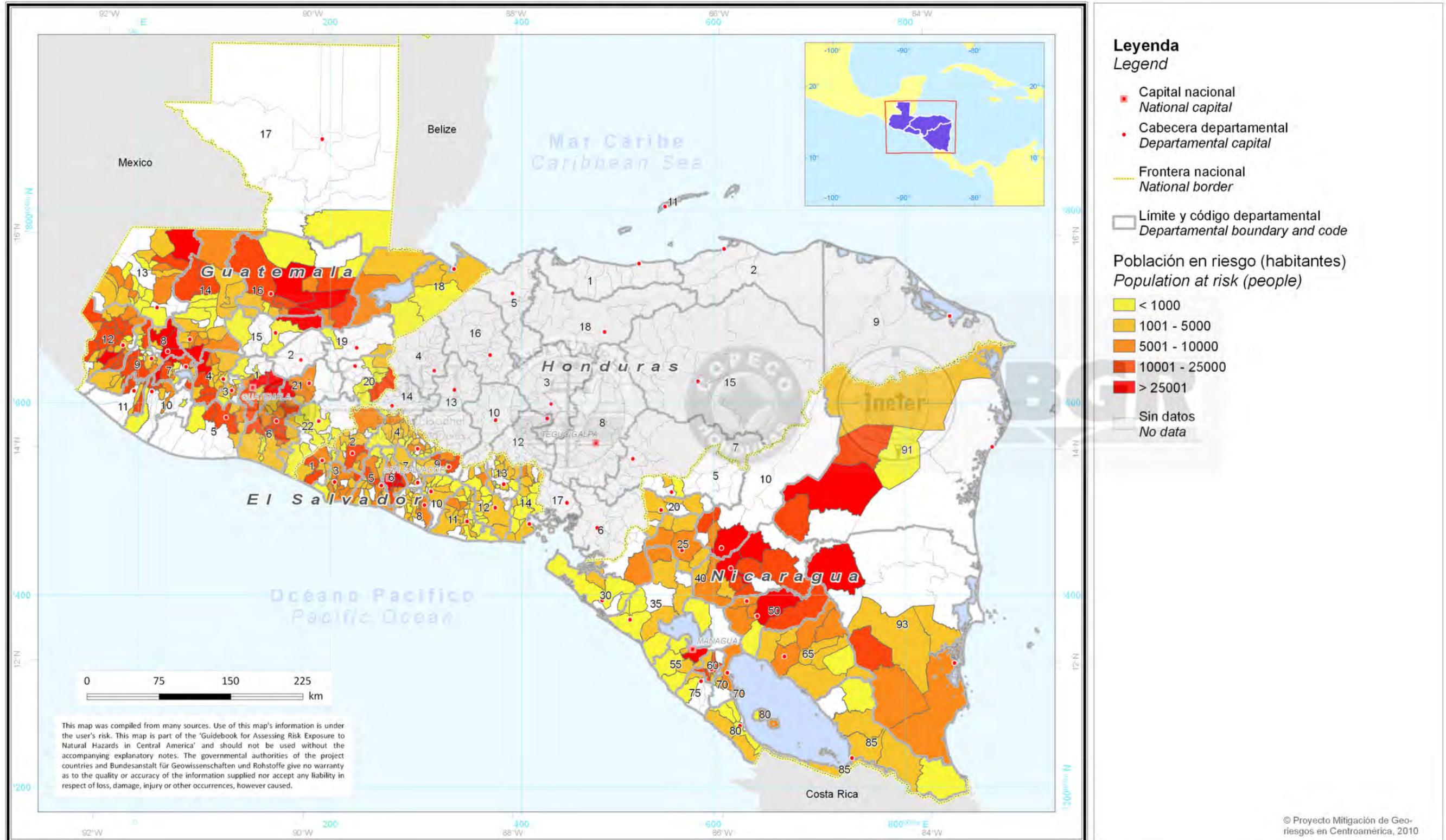
La intención de este mapa es dar una rápida visión a quiénes toman decisiones a nivel sub-nacional/nacional o supra-regional, acerca de la exposición al riesgo de la población en las áreas propensas a deslizamientos. La clasificación aquí usada varía del amarillo (pocos habitantes expuestos) al rojo (muchos habitantes expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variable de valores obtenidos en la evaluación. Los Municipios de color blanco no tienen áreas de asentamientos encuestadas expuestas a las zonas susceptibles por deslizamientos 'alta' o 'muy alta' o, la amenaza por deslizamientos no es relevante. Los resultados detallados y completos de esta evaluación pueden acceder en la base de datos (véase la página 17ss).

### Recomendaciones

- El nivel de riesgo aceptable expresado en este mapa está reflejado en el ancho de la clase del código de color de la exposición de la población. Este código de color necesita ser ajustado para que los mapas y las evaluaciones reflejen el nivel de riesgo aceptable acordado por la sociedad y de conformidad con las metas de desarrollo de los gobiernos de la región;
- Se recomienda hacer este análisis con estos mapas en las regiones en donde los mapas más detallados están disponibles. Por favor consulte con las autoridades responsables sobre la disponibilidad de los mapas individuales.

# Población Expuesta a Deslizamientos (Susceptibilidad Alta - Muy Alta)

Population Exposure to High and Very High Landslide Susceptibility



Exposición a los Riesgos

## Enfoque de Amenaza Única: Población Expuesta a Amenaza Sísmica, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra para cada Municipio de los países centroamericanos el número estimado de personas que viven en zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Esta forma de representar la exposición de la población a las amenazas sísmicas permite la fácil comparación del nivel de riesgo en el nivel del Municipio a través de toda Centroamérica. Las regiones en alto riesgo y las áreas en donde las entidades administrativas, quizás aún más allá de las fronteras, podrían unir fuerzas para mitigar los riesgos evidentes.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Este mapa ha sido compilado por medio de la intersección del mapa de amenaza sísmica (en la 42f) y las áreas administrativas (en la página 24s). Esta intersección ha sido subsecuentemente combinada con las cifras de población descritas en las páginas 36 y 60).

### Comentarios

Un total de, al menos, 19 millones de habitantes están expuestos en zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’. Tome en cuenta que Honduras no puede ser evaluada debido a la falta de datos apropiados del uso de suelo (véase *Nota especial sobre los datos de uso de suelo en Honduras y su impacto al manual*, página 28 para más detalles). Todas las capitales están situadas dentro de estas zonas en las cuales se basan los análisis, con la excepción de Tegucigalpa/Honduras (para más detalles, véase la sección *Amenaza Sísmica*, página 42). Una tabla de resumen a nivel nacional se presenta a continuación:

País	Población Expuesta	Porción de Población Total (%)
El Salvador	5 533 427	96
Guatemala	10 665 644	95
Nicaragua	2 644 479	51
Totales	18 843 550	85

Estos números muestran muy claramente la importancia de la preparación sobre desastres con respecto a las amenazas sísmicas para los países centroamericanos.

### Metodología

Para estimar el número de habitantes expuestos en las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’ (todos los valores  $pga > 300$  gal, véase el capítulo *Amenaza Sísmica, Supra-Regional* en la página 42) para cada Municipio, son requeridos dos grupos de información:

- La densidad de población modificada del Municipio, es decir, la densidad de población meramente basada en el área de asentamiento (véase la página 60);
- El tamaño de las áreas de asentamientos del Municipio que se hallan dentro de las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’.

La suposición hecha aquí, es que la población vive en las áreas designadas en el conjunto de datos del uso de suelo, como áreas residenciales y/o asentamientos. La densidad de población modificada (en hab/km<sup>2</sup>) debe ser multiplicada por el tamaño del área del asentamiento que se halla en la zona de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’ (en km<sup>2</sup>). El resultado es el número de habitantes que vive en esta zona, es decir, el número de habitantes expuestos a las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’.

### Cómo leer este Mapa

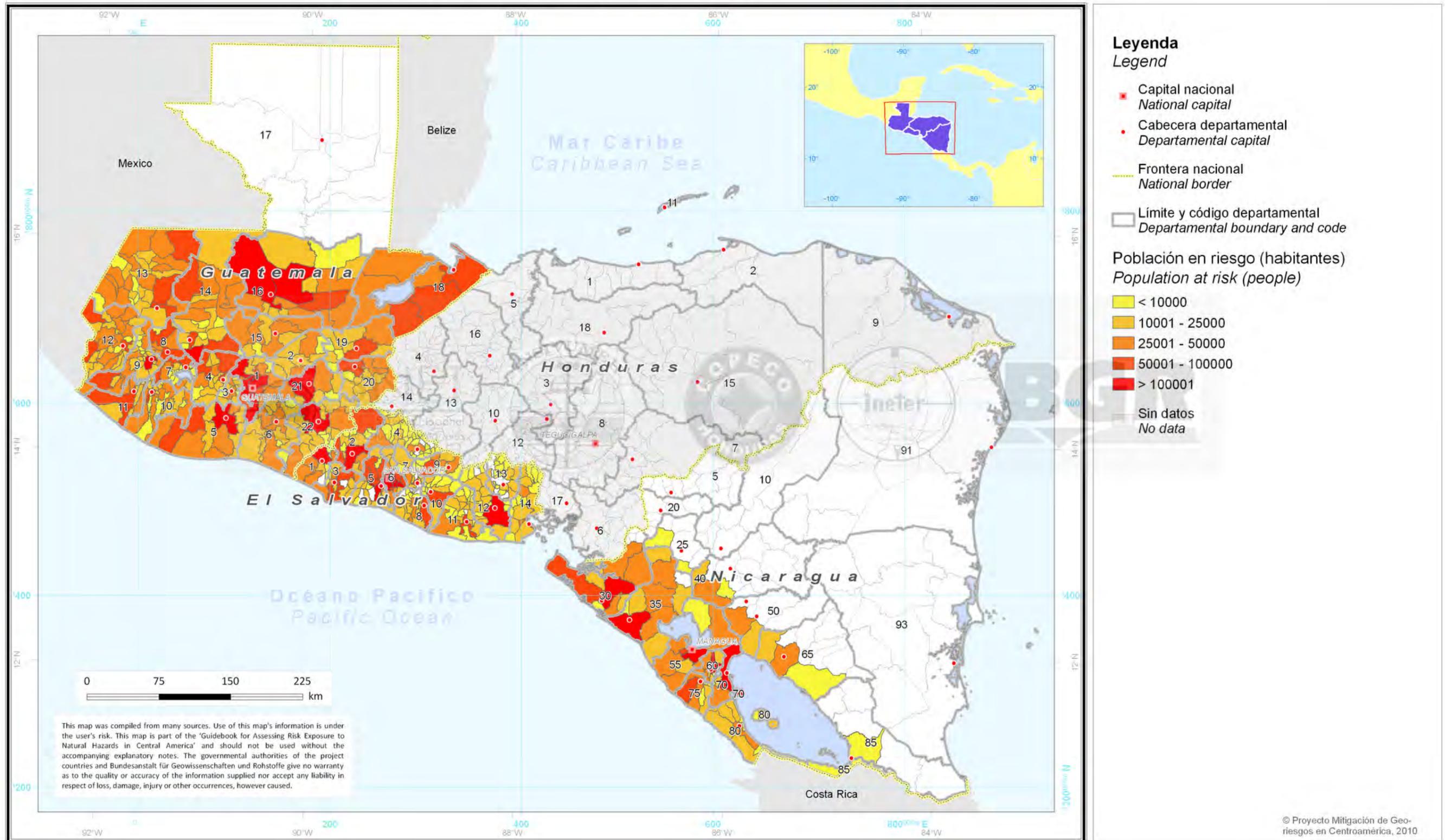
La intención de este mapa es dar una visión rápida, a quienes toman las decisiones a nivel nacional o regional acerca de la exposición al riesgo de la población en las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’. La clasificación aquí usada varía del amarillo (pocos habitantes expuestos) al rojo (muchos habitantes expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de los valores obtenidos en la evaluación. Los resultados detallados y completos de esta evaluación, se pueden obtener en la *geodatabase* (véase *Herramienta de Mapeo de Exposición a los Riesgos: CARA-GIS*, página 17ss). Los Municipios de color blanco no tienen áreas de asentamientos encuestados expuestas a las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’, o están ubicados fuera del área restringida de amenaza sísmica. Este es el caso para Nicaragua y El Salvador. Por favor, refiérase a las explicaciones sobre los temas en las páginas 26, 28 y 30.

### Recomendaciones

- Los riesgos por terremotos están directamente ligados a la resistencia de las estructuras y edificios a los terremotos y al potencial de licuefacción del subsuelo. Los análisis detallados, de la idoneidad del suelo, no pueden ser hechos a escalas nacionales, cubriendo países enteros. Sin embargo, la información obtenida de los mapas de riesgo y amenaza sísmica puede ser usada para identificar las áreas en donde el monitoreo profundo de la condición del suelo debe ser hecho para la construcción relevante o para los proyectos de desarrollo. Los códigos de construcción dan estándares para las estructuras resistentes a los terremotos basadas en el valor máximo de aceleración que se espera;
- El nivel de riesgo aceptable expresado en este mapa, está reflejado en el ancho de clase del código de color de la exposición de la población. Este código de color necesita ser ajustado para que los mapas y asentamientos reflejen el nivel de riesgo aceptable acordado por la sociedad, de conformidad con las metas de desarrollo de los gobiernos de la región.

## Población Expuesta a la Amenaza Sísmica (Media - Muy Alta)

Population Exposure to Medium - Very High Seismic Hazard



Exposición a los Riesgos

## Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura Expuesta a Amenaza por Deslizamientos, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra para cada Municipio de los países centroamericanos, la suma de los kilómetros de carreteras que están expuestas a la susceptibilidad por deslizamientos 'alta' y 'muy alta'. Sólo las carreteras principales han sido consideradas.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Las evaluaciones de riesgo no están limitadas a estudiar cómo la gente está expuesta a las amenazas. La infraestructura constituye otra categoría de 'elemento en riesgo'. El conocimiento acerca de las localizaciones de infraestructura crítica, así como la cantidad de objetos individuales o, sus valores económicos en riesgo, proporcionan la información importante para los propósitos planificados tales como, las evaluaciones de costo-beneficio (véase también la sección sobre *Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura, Caso de Estudio Evaluación de Pérdida Potencial, Ejemplo Nicaragua*, página 76).

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos de carreteras sobre los cuales se basa el mapa son descritos en mayor detalle en la página 32. Las líneas de demarcación fueron tomadas de las fuentes mencionadas en la página 24, los datos de susceptibilidad por deslizamiento se enumeran en las explicaciones en la página 50.

### Comentarios

En conjunto, actualmente, hay más de 8000 km de carreteras principales en Centroamérica, situadas en las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' y 'muy alta'.

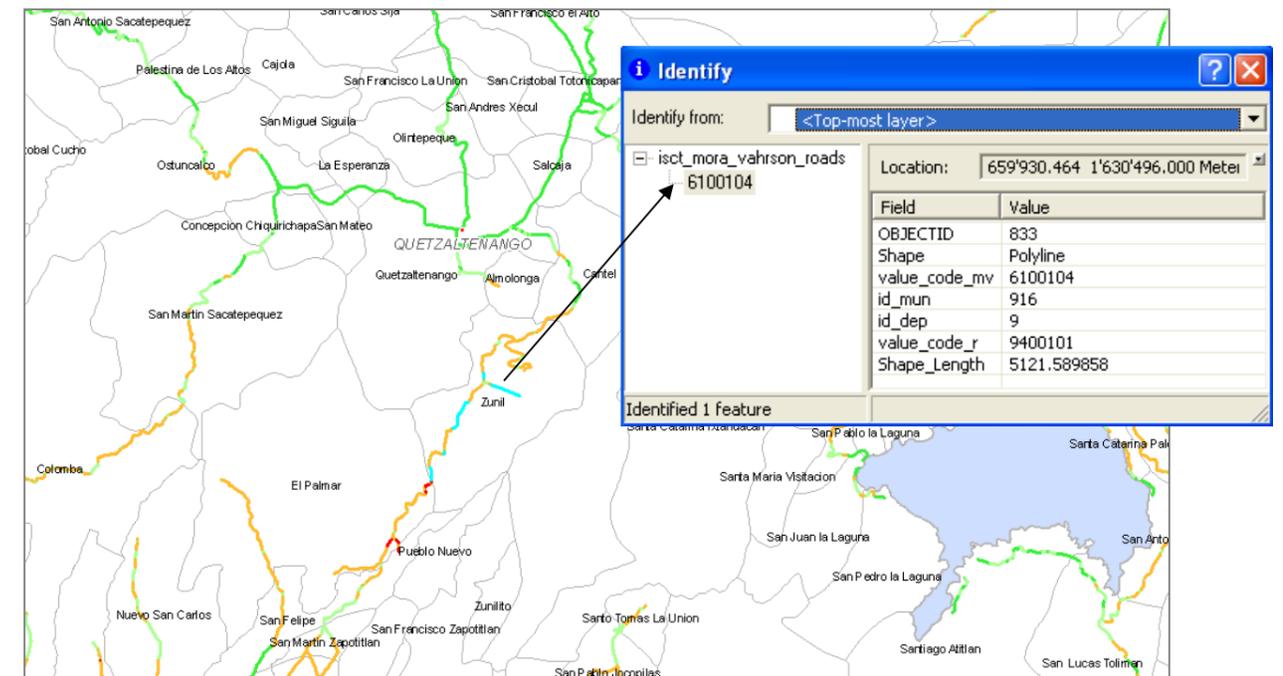
País	Km de Carreteras Expuestas
El Salvador	2 455
Guatemala	1 994
Honduras	669
Nicaragua	3 120
Total	8 238

Nuevas mejoras para este mapa se podrían lograr calificando los datos de carreteras con más atributos detallados, tales como, el ancho de la carretera, o especificando los costos por construcción.

### Metodología

El mapa se obtuvo por medio de la intersección de las capas de datos de los límites administrativo (página 24), la red vial de carreteras nacionales (página 32) y las zonas de susceptibilidad por deslizamiento 'alta' y 'muy alta' (página 50).

La sección del mapa de abajo fue tomada de Guatemala y muestra los datos básicos del que se obtuvo el mapa grande. Cada sección de carretera está coloreada de acuerdo a la zona de susceptibilidad por deslizamiento por la que se pasa. Un ejemplo está dado en la ventana de diálogo abierta SIG: la sección de una carretera, marcada en turquesa, varía en la zona de susceptibilidad por deslizamiento 'muy alta' (código de deslizamiento 6100104), que tiene una longitud total de 5121.58 m y está designada como tipo de carretera 9400101, siendo una carretera principal y, está ubicada en el Municipio de Zunil del Departamento de Quetzaltenango. Los valores de longitud se resumen para la red total de carreteras en el nivel de Municipio.



### Cómo leer este Mapa

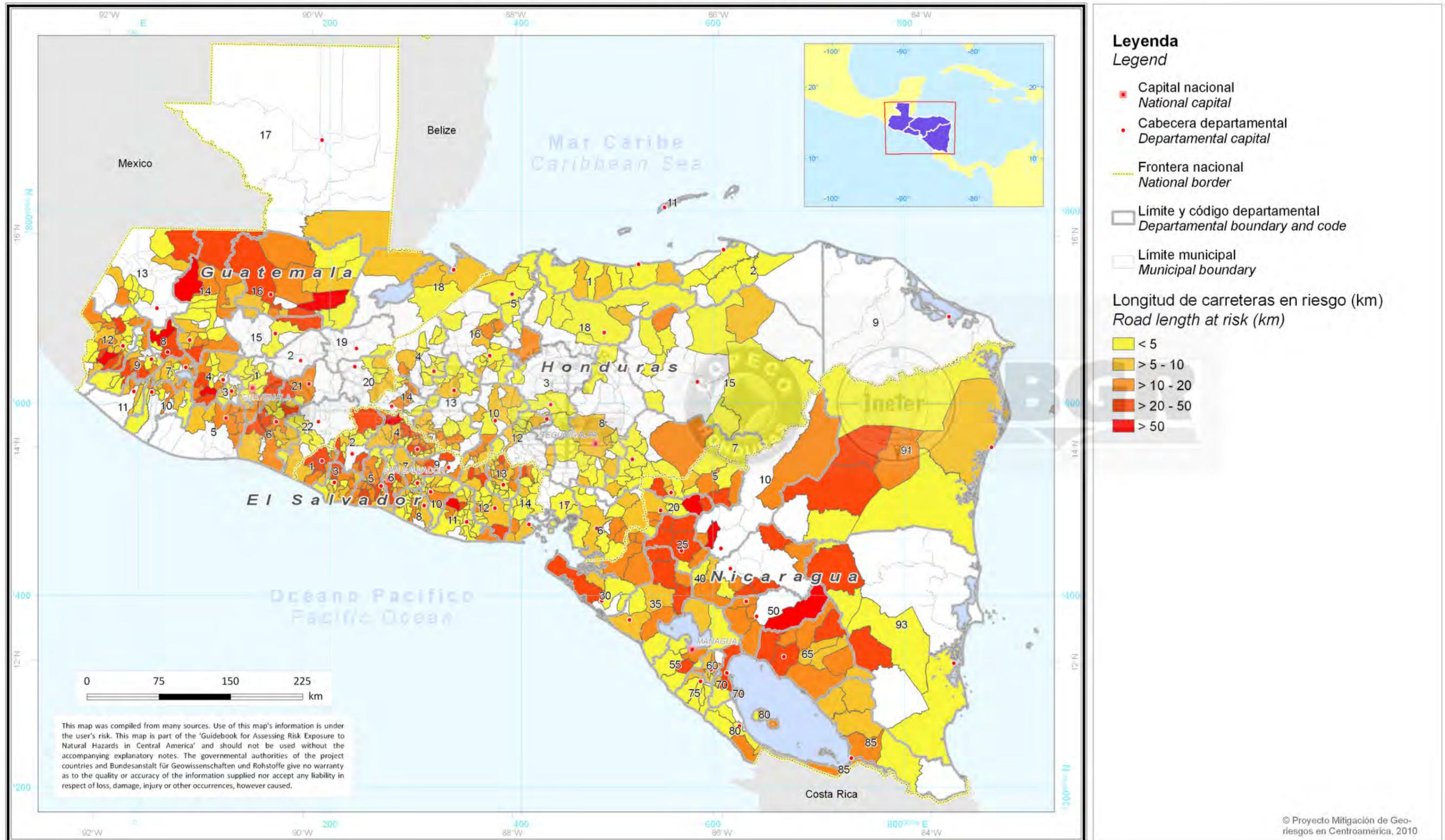
La intención de este mapa es dar una visión rápida para quienes toman decisiones en el nivel sub-nacional o nacional o, supra-regional acerca de la exposición al riesgo de la red de carreteras a las zonas de susceptibilidad por deslizamiento 'alta' y 'muy alta'. La clasificación usada aquí varía del amarillo (pocos kilómetros expuestos) al rojo (muchos kilómetros expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variable obtenida en la evaluación. Los Municipios de color blanco no tienen carreteras encuestadas expuestas a las zonas de susceptibilidad de deslizamientos 'alta' y 'muy alta' o la amenaza por deslizamientos no es relevante. Los resultados detallados y completos de esta evaluación, pueden obtenerse en la *geodatabase* (véase la página 17ss).

### Recomendaciones

- Evaluaciones similares de riesgo pueden ser hechas con elementos de infraestructura adicionales, tales como, líneas de transmisión eléctrica, tuberías, líneas de ferrocarril, etc.;
- El riesgo para la infraestructura puede fácilmente ser transferido a las cifras económicas, si el costo promedio por construcciones o reconstrucciones y el mantenimiento de las carreteras, es conocido;
- El nivel de riesgo aceptable expresado en este mapa está reflejado en el ancho de la clase de la longitud de la carretera del código de color de exposición. Este color necesita ser ajustado para reflejar el nivel de riesgo aceptable en consenso con la sociedad.

## Longitud Total de Carreteras Principales Expuestas a Deslizamientos (Susceptibilidad Alta - Muy Alta)

Total Length of Major Roads Exposed to High and Very High Landslide Susceptibility



## Enfoque de Amenaza Única: Infraestructura Expuesta a Amenaza Sísmica, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra, para cada Municipio de los países centroamericanos, el total de longitud (kilómetros) de carreteras que están expuestas a las zonas de amenaza sísmica 'mediana-muy alta'. Sólo las carreteras principales han sido consideradas.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

La evaluación de riesgo no está limitada al estudio de cómo mucha gente está expuesta a las amenazas. La infraestructura constituye otra categoría de 'elemento en riesgo'. El conocimiento acerca de las localizaciones de la infraestructura crítica, así como también, la cantidad de objetos individuales o sus valores económicos en riesgo proporcionan información importante para los propósitos planificados tales como, las evaluaciones del costo-beneficio (véase la página 76).

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos de carretera sobre los cuales está basado este mapa, se describen en mayores detalles en la página 32. Las líneas de demarcación fueron tomadas de las fuentes mencionadas en la página 24, detalladas en los datos de amenaza sísmica que figuran en las explicaciones en la página 42.

### Comentarios

En conjunto, casi 30 000 km de carreteras principales están, principalmente, localizadas en las zonas de amenaza sísmica 'mediana-muy alta'.

Pais	Km de Carreteras Expuestas
El Salvador	10 724
Guatemala	12 002
Honduras	1 423
Nicaragua	5 278
Total	29 427

Estas cantidades deben ser interpretadas con cuidado ya que, los datos subyacentes son muy heterogéneos cuando se compara entre los países.

### Metodología

El mapa se obtuvo por medio de la intersección de las capas de datos de los límites administrativos (página 24), la red vial de carreteras nacionales (página 32) y el mapa de amenaza sísmica (limitaciones: zonas de amenaza sísmica 'mediana-muy alta'), (página 42).

Para los detalles del proceso de intersección, refiérase a las explicaciones del mapa anterior sobre la exposición de susceptibilidad por deslizamientos.

### Cómo leer este Mapa

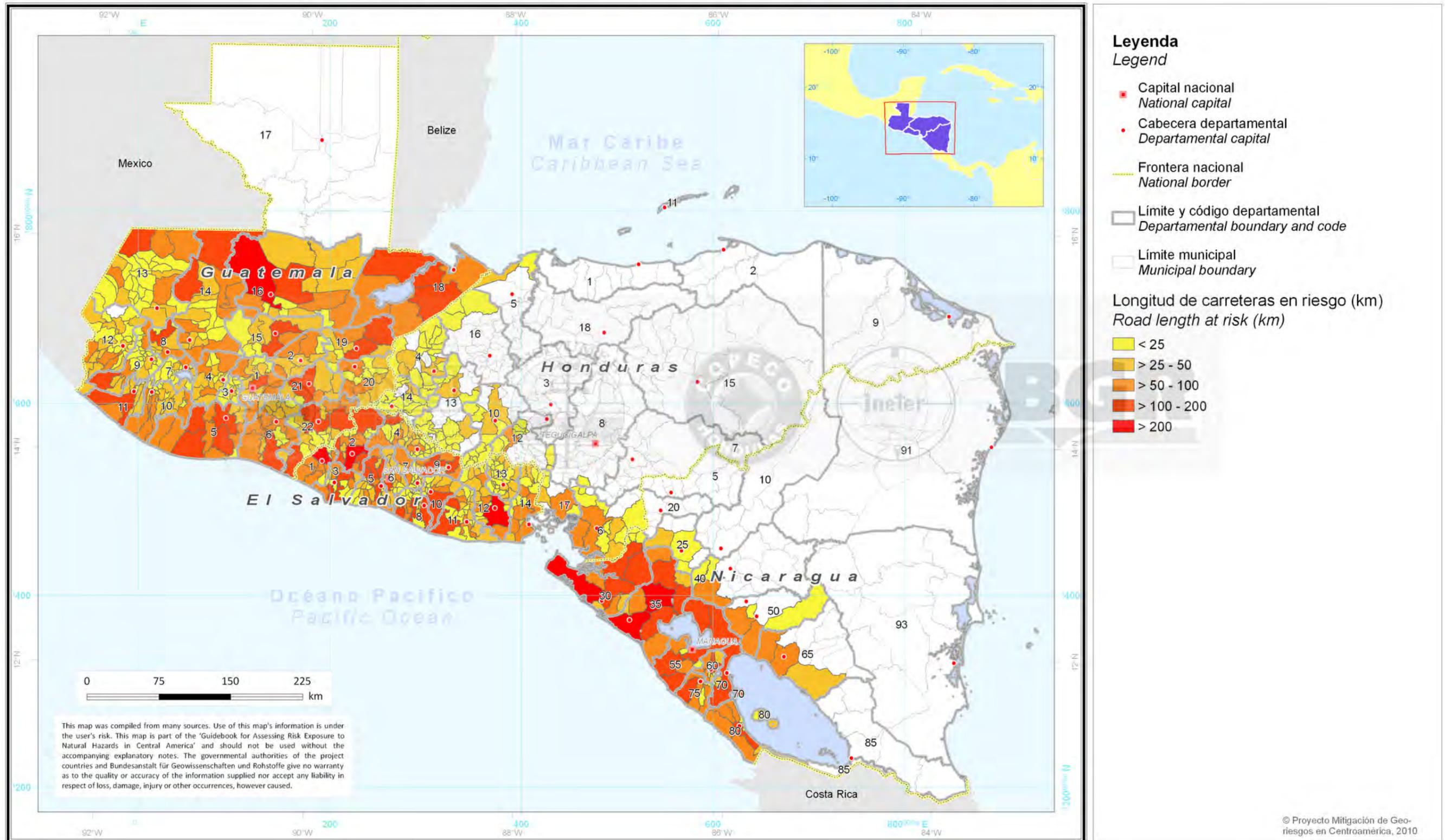
La intención de este mapa es dar una visión rápida para quienes toman las decisiones a nivel nacional o regional acerca de la exposición al riesgo de la red vial a las zonas de amenaza sísmica 'mediana-muy alta'. La clasificación aquí usada varía del amarillo (pocos kilómetros expuestos) al rojo (muchos kilómetros expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variabilidad de valores obtenidos en la evaluación. Los Municipios en color blanco no tienen encuestadas las carreteras expuestas a las zonas de amenaza sísmica 'mediana-muy alta' o, el mapa de amenaza escogido, no es relevante. Los resultados detallados y completos de la evaluación pueden ser consultados en la *geodatabase* (véase la página 17ss).

### Recomendaciones

- La evaluación de riesgo similar puede ser hecha con elementos de infraestructura adicionales, tales como, líneas de transmisión eléctrica, tuberías, líneas de ferrocarril, etc.;
- El riesgo para la infraestructura puede fácilmente ser transferido a las cantidades económicas si el costo promedio para las construcciones o reconstrucciones y mantenimiento de las carreteras, es conocido;
- El nivel de riesgo aceptable expresado en este mapa está reflejado en el ancho de la clase de la longitud de carretera del código de color expuesto. Este color necesita ser ajustado para reflejar el nivel de riesgo aceptable en consenso con la sociedad.

## Longitud de Carreteras Principales Expuestas a la Amenaza Sísmica (Media - Muy Alta)

Total Length of Major Roads Exposed to Seismic Hazard (Medium - Very High)



## Enfoque de Amenaza Única: Potencial Económico Expuesto a Susceptibilidad por Deslizamiento, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra para cada Municipio de Centroamérica la cantidad agregada del Producto Interno Bruto (PIB) expresado en Mill US\$ que está expuesto en las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' y 'muy alta'.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Las evaluaciones de riesgo no están limitadas para evaluar, cómo muchos habitantes están expuestos a las amenazas. El potencial económico constituye otra categoría de 'elemento en riesgo'. El tener conocimiento acerca de las áreas en donde las actividades económicas están, potencialmente, interrumpidas debido a las amenazas es una parte importante del ciclo de Gestión del Riesgo de Desastres. Comparando los Municipios o los Departamentos entre ellos, los puntos de acceso de riesgo económico pueden ser fácilmente identificados. Tal fuente de datos comparables puede ser una herramienta valiosa para quienes toman las decisiones cuando se trata de asignar recursos limitados en forma responsable.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos usados para la evaluación del riesgo potencial económico están enteramente basados en las estadísticas oficiales del CEPAL (ECLAC) del año 2008 (véase las páginas 62 y el *anexo* en la página 106) acerca de la productividad económica de los sectores agroindustrial e industrial.

### Comentarios

La evaluación de la exposición de riesgos económicos frente a las amenazas naturales, en estas escalas, es un nuevo enfoque en Centroamérica. Hasta ahora, solamente existen pocos intentos para hacer este tipo de evaluaciones económicas. El enfoque y los mapas presentados aquí, tienen la intención de estimular la discusión en cómo tales mapas pueden contribuir a la evaluación regional armonizada de los riesgos asociados con las amenazas naturales y en cómo esto puede mejorar el desarrollo económico.

País	PIB Expuesto (en Millones US\$)
El Salvador	4 394
Guatemala	5 516
Honduras	Not evaluated
Nicaragua	996
Total	10 906

### Metodología

La metodología obtenida de las cifras de exposición al riesgo económico es comparable al método para estimar las cifras de exposición al riesgo de la población: considere los valores mostrados en el mapa potencial económico (página 62), dado como Producto Interno Bruto (PIB) en US\$ por m<sup>2</sup> para ser un valor de densidad. El PIB de un área particular es obtenido luego, simplemente multiplicando el tamaño del área por esta cifra de densidad.

Para la evaluación de riesgo aquí presentada, este cálculo es hecho solo para las zonas de amenaza por deslizamientos 'alta' y 'muy alta'. El valor resultante es una medida de riesgo potencial económico relativa expresado en US\$ por Municipio. El procedimiento así, requiere de un conjunto de datos espaciales (o sea una capa SIG) que contiene las tres siguientes informaciones:

- Códigos de la administración (véase la página 24);
- Potencial económico derivado de la cobertura del suelo (véase las páginas 38, 62 y 106);
- Susceptibilidad por deslizamientos (página 50).

### Cómo leer este Mapa

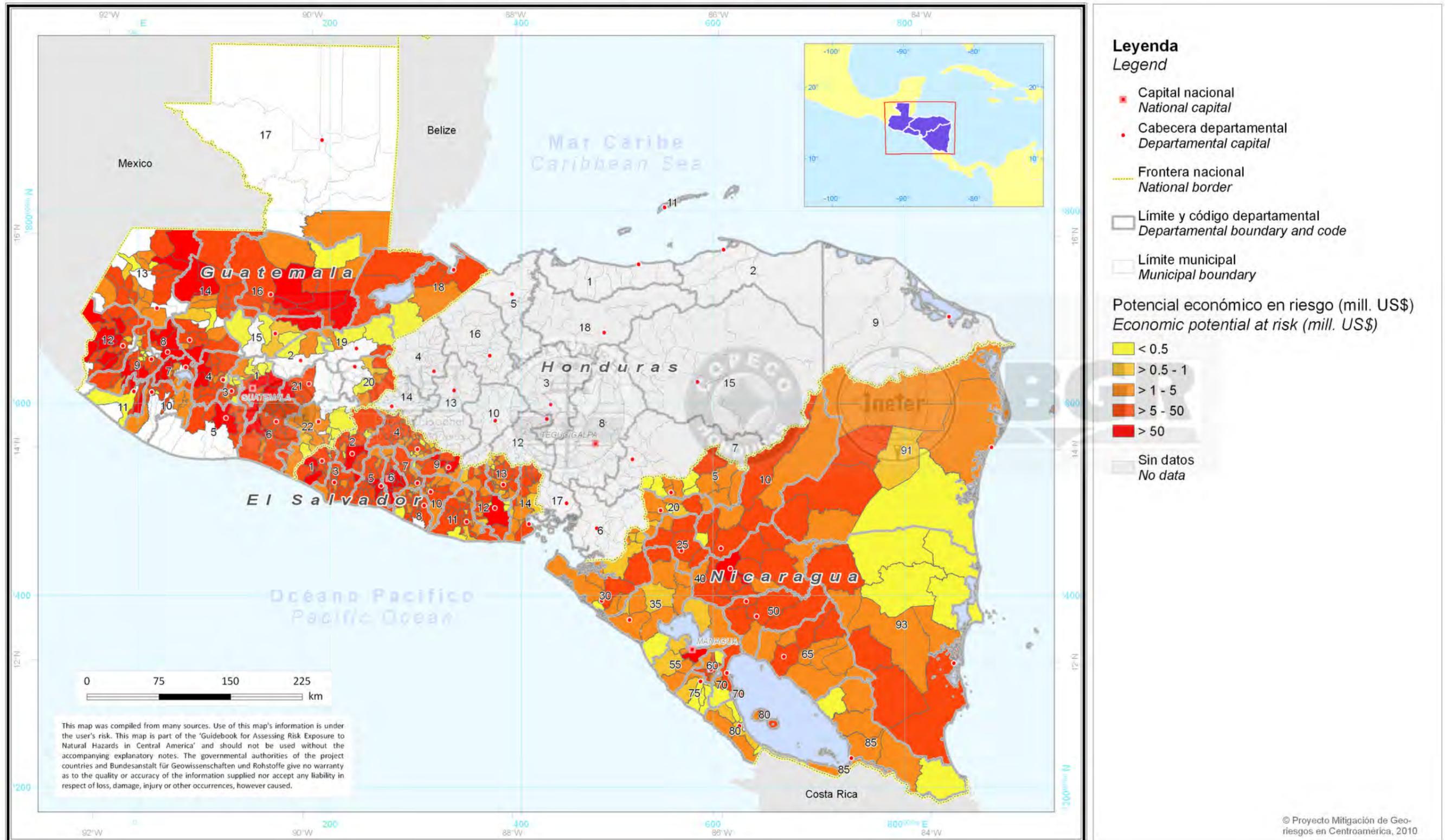
La intención de este mapa es dar una rápida visión para quienes toman decisiones a nivel sub-nacional/nacional y supra-regional acerca del potencial económico que está en riesgo debido a la exposición de las zonas de susceptibilidad por deslizamiento 'alta' y 'muy alta'. Actualmente, el mapa resume la cantidad total del PIB expuesto a la 'alta' y 'muy alta' susceptibilidad para cada Municipio. La clasificación aquí usada varía del amarillo (potencial económico expuesto es bajo) al rojo (potencial económico expuesto, es alto) expresado en millones de US\$. El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variabilidad obtenida en la evaluación y para obtener una impresión armonizada a través de las fronteras nacionales. Los Municipios de color blanco indican que la amenaza seleccionada (zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' y 'muy alta') no es relevante, o, en otras palabras, el potencial económico no está en riesgo. Los resultados detallados y completos de esta evaluación pueden ser consultados en la *geodatabase* (véase la página 17ss).

### Recomendaciones

- El mapa puede ser usado como un mapa general para los propósitos de planificación estratégica. Aquellas áreas mostradas en rojo pueden ser estudiadas a profundidad y posiblemente revisadas para posibilidades de reubicación o mejorar las estructuras propensas a deslizamientos o, negocios;
- El nivel de riesgo aceptable expresado en este mapa está reflejado en el ancho de la clase de la exposición del código de color. Este código de color necesita ser ajustado para que los mapas y las evaluaciones reflejen el nivel aceptable en consenso por la sociedad y de acuerdo con las metas de desarrollo de los gobiernos;
- El hecho de que, las cifras en algunos países son más bajas que en otros, no necesariamente significa que la exposición al riesgo, en general, sea más baja. Las cifras deben también ser evaluadas dentro del contexto económico en su conjunto.

## Potencial Económico Amenazado por Deslizamientos (Susceptibilidad Alta y Muy Alta)

*Economic Potential at Risk – High and Very High Landslide Susceptibility*



## Enfoque de Amenaza Múltiple: Infraestructura Expuesta a Amenaza Sísmica y por Deslizamientos, Ejemplo Guatemala

### Contenidos del Mapa

El mapa nacional muestra para cada Municipio de Guatemala el número de puentes expuestos a las zonas de amenaza sísmica 'mediana-muy alta', Y a las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' o 'muy alta'.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

La evaluación de riesgo, no solamente está restringida para estudiar la exposición de cualquier indicador de vulnerabilidad de amenaza específica (enfoque de amenaza única). En muchos casos, los elementos en riesgo, p.ej. población, infraestructura, potencial económico, pueden ser amenazados por varias amenazas concurrentemente (enfoque de amenaza múltiple).

Por ejemplo, una villa montañosa que está ubicada en un área propensa a terremotos puede también ser golpeada por deslizamientos, si es provocado por un terremoto (véase el siguiente mapa de exposición al riesgo). Para los propósitos de la Gestión del Riesgo de Desastres, los mapas de exposición al riesgo basados en el enfoque de amenaza múltiple son imperativos para desarrollar escenarios de riesgos y para organizar la distribución espacial de potenciales riesgos múltiples.

El ejemplo dado se enfoca en los puentes que constituyen una categoría infraestructural de 'elemento en riesgo'. Los puentes juegan un papel importante durante y después de una crisis relacionada a los desastres naturales. Así, el conocimiento acerca de las localizaciones de infraestructura crítica, también como, la cantidad de objetos individuales o de sus valores económicos en riesgo proporciona información importante para los propósitos de planificación.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos para la ubicación del puente sobre los cuales está basado este mapa, fueron proporcionados por INSIVUMEH. El conjunto de datos contiene casi 700 registros con información sobre el tipo de material de construcción. Los límites administrativos fueron tomados de las fuentes mencionadas en la página 24, los datos de amenaza sísmica están enumerados en las explicaciones de la página 42, y los datos de susceptibilidad por deslizamiento en la página 50.

CARA-GT-GIS Código de valor SIG	Descripción Versión en Inglés	Descripción Versión en Español
9410101	concrete	concreto
9410102	concrete and iron/steel	concreto y hierro
9410103	brickwork	mampostería
9410104	concrete and rock	concreto y losa
9410105	wood	madera
9410106	wood and steel	madera y acero/hierro
9410107	wood and concrete	madera y concreto
9410108	wood and brickwork	madera y mampostería
9410109	wood and rocks	madera y piedra
9410110	concrete and brickwork	concreto y mampostería
9410111	steel/iron	acero/hierro
9410112	suspension	hamaca
9410113	stone and steel	losa y hierro
9410114	steel and brickwork	hierro y mampostería
9410115	stone and brickwork	losa y mampostería
9410116	stone	losa
9410999	unknown	oscuro

### Comentarios

En la actualidad, la información sobre el número, tipo y ubicación sólo existe para Guatemala.

### Metodología

El mapa fue obtenido por medio de la intersección espacial de las capas de datos de los límites administrativos (página 24), los datos de ubicación del puente mencionado de Guatemala y, las dos capas de datos de amenaza mencionadas. Después del proceso de intersección, los puntos de ubicación del puente pueden ser evaluados como los son las restricciones de amenaza seleccionada, antes mencionada. Finalmente, el número de puentes que cumplen con estas restricciones, fue totalizado para cada Municipio.

### Cómo leer este Mapa

La intención de este mapa es dar una visión rápida a quienes toman las decisiones a nivel sub-nacional y nacional acerca de la exposición al riesgo de la infraestructura del puente a las zonas de amenaza sísmica 'mediana-muy alta' Y a las zonas de susceptibilidad por deslizamientos 'alta' o 'muy alta'. La clasificación aquí usada varía del amarillo (pocos puentes expuestos) al rojo (muchos puentes expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido escogido para facilitar la representación visual de la variabilidad de valores obtenidos de la evaluación. Solamente los Municipios con puentes expuestos simultáneamente para ambos tipos de amenazas se mostrarán ya que, el análisis de los datos subyacentes está basado en la 'función Y'. En términos simples, se ha encontrado, al menos, un denominador común. Los Municipios no tienen puentes encuestados expuestos a las amenazas combinadas antes referidas o bien, las amenazas seleccionadas no son espacialmente relevantes en los sitios de los puentes.

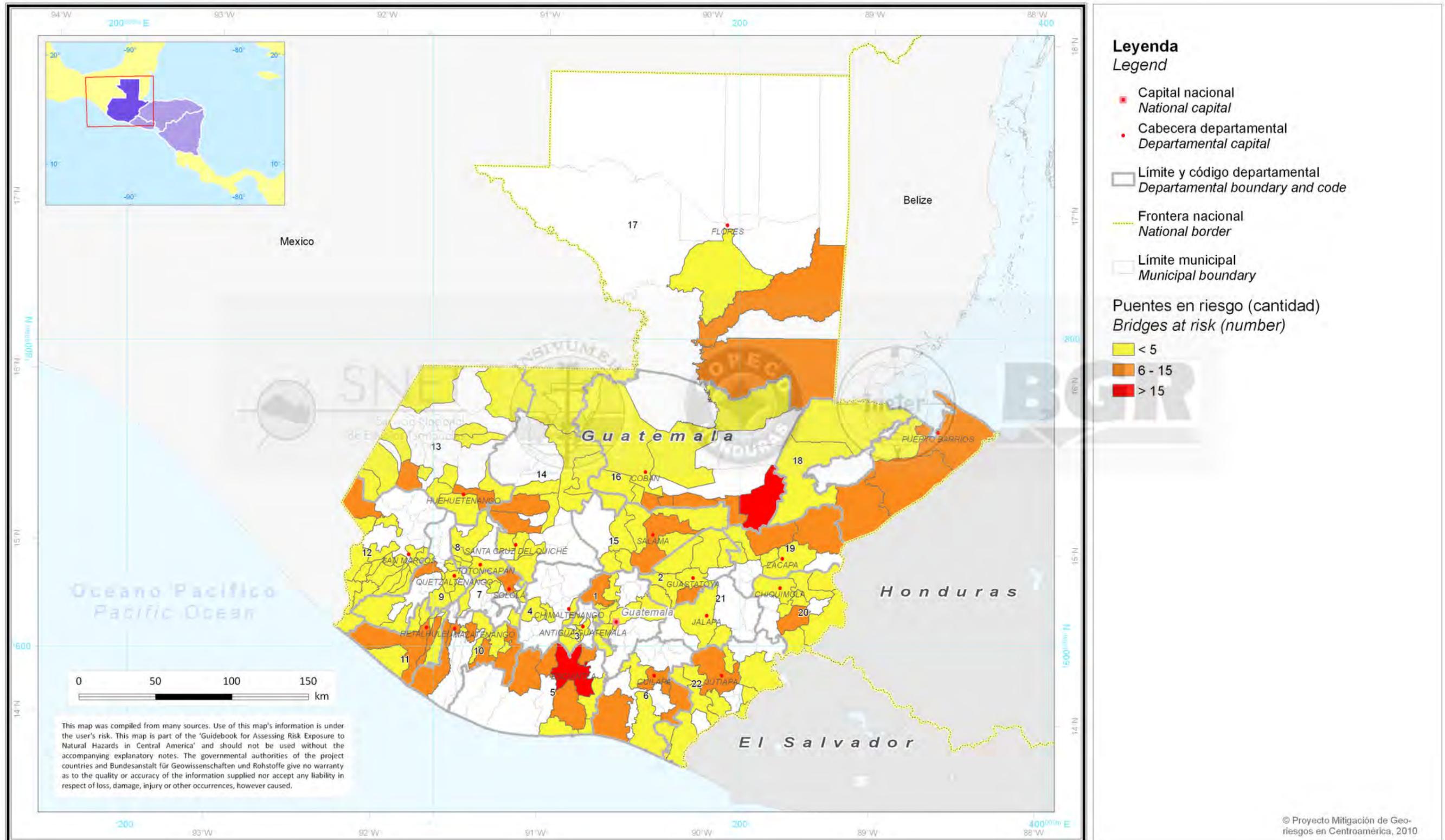
Aunque el mapa, en sí mismo, no muestra los resultados separados para cada tipo de puente, los datos subyacentes pueden, por supuesto, ser utilizados para cumplir con tales demandas. Los resultados detallados y completos de esta evaluación pueden encontrarse en la *geodatabase* (véase la página 17ss).

### Recomendaciones

- La evaluación de riesgo similar puede ser hecha con elementos de infraestructura adicional, tales como, líneas de transmisión eléctrica, tuberías, etc.;
- El riesgo para la infraestructura puede fácilmente ser transferido a las cifras económicas si el costo promedio para la construcción o reconstrucción son conocidos o pueden ser estimados.

## Puentes Expuestos a Amenaza Sísmica (Media-Muy Alta) y a Deslizamientos (Susceptibilidad Alta-Muy Alta)

*Bridges Exposed to Seismic Hazard (Medium-Very High) and Landslide Susceptibility (High-Very High)*



Exposición a los Riesgos

## Enfoque de Amenaza Múltiple: Población Expuesta a la Amenaza Sísmica y por Deslizamiento, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra para cada Municipio de los países de Centroamérica, el número estimado de habitantes expuestos a las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’, y a las zonas de susceptibilidad por deslizamientos ‘alta’ o ‘muy alta’.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Se hace referencia a las notas generales en la página anterior.

Esta forma de representar a la población expuesta a varias amenazas permite la fácil comparación del nivel de riesgo a nivel del Municipio a través de los países centroamericanos investigados. Las regiones en alto riesgo y las áreas en donde las entidades administrativas podrían unir fuerzas para mitigar los riesgos, son evidentes.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Este mapa ha sido recopilado por medio de la intersección del mapa de susceptibilidad por deslizamiento (página 50), el mapa de amenaza sísmica (página 42), y las áreas administrativas (página 24s). Esta intersección ha sido combinada subsecuentemente con las cifras de población en la página 36 y 60.

### Comentarios

La metodología aquí descrita es también aplicable para la planificación futura del uso de la tierra o las proyecciones de población. Siendo así muy valiosa para los escenarios de comparación del tipo ‘qué-si (*what-if*)’.

País	Personas Expuestas	Porción de Población Total (%)
El Salvador	954 084	17
Guatemala	5 391 650	48
Honduras	sin datos	-
Nicaragua	178 795	3
Totales	6 524 529	29

Estas cifras, basadas en el enfoque de amenaza múltiple, muestran muy claramente que porciones considerables de la población están expuestas a estas dos amenazas. Los valores relativamente altos para Guatemala y los valores relativamente bajos para Nicaragua son el resultado de los datos no homogéneos del uso de suelo.

Honduras no ha sido evaluada debido a la falta de datos del uso de de suelo apropiados (véase la página 28 para más detalles).

### Metodología

Para estimar el número de personas que están expuestas a las dos zonas de amenazas particulares para cada Municipio, dos grupos de información son requeridas:

- La densidad de población modificada de los Municipios, es decir, la densidad de población meramente basada en las áreas de asentamientos (véase la página 60);
- El tamaño de las áreas de asentamientos del Municipio que se hallan dentro de dos zonas de amenazas particulares: las zonas de susceptibilidad por deslizamientos ‘alta’ o ‘muy alta’, y las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’.

La suposición hecha aquí es, que la población vive en las áreas designadas en el conjunto de datos del uso del suelo como áreas residenciales y/o asentamientos. La densidad de población modificada (en hab/km<sup>2</sup>) debe ser multiplicada por el tamaño del área del asentamiento que cruza con las zonas de amenaza antes mencionadas (en km<sup>2</sup>). El resultado es el número de habitantes viviendo en esas zonas, o sea, el número de habitantes expuestos a las zonas de susceptibilidad por deslizamiento ‘alta’ o ‘muy alta’, y las zonas amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’ (para mayor información refiérase a las explicaciones concernientes a la exposición de la población en la página 68). Los resultados detallados y completos de esta evaluación pueden ser consultados en la *geodatabase* (véase la página 17ss).

### Cómo leer este Mapa

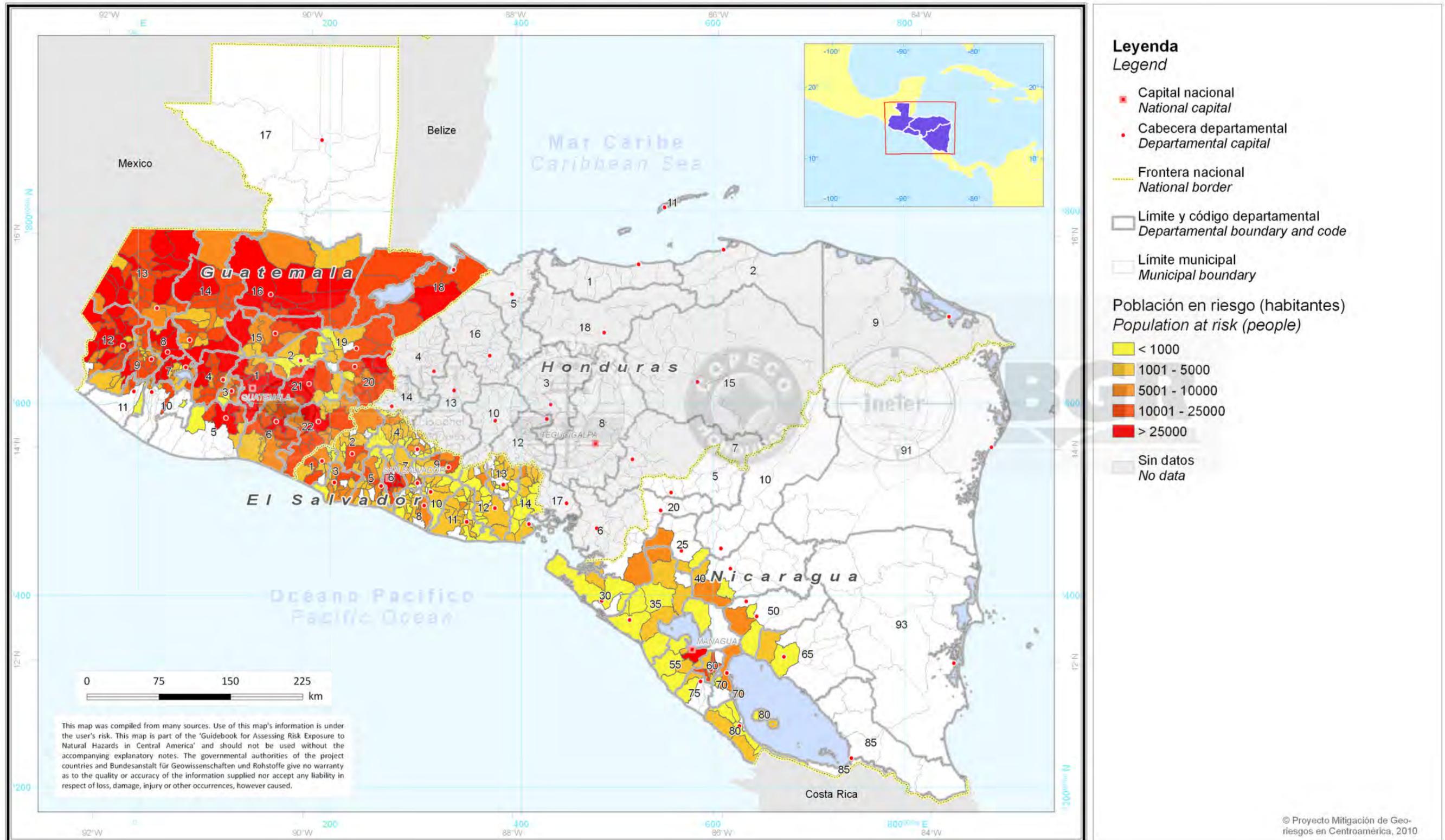
La intención de este mapa es dar una visión rápida a quienes toman las decisiones a nivel nacional o supra-regional acerca de la exposición al riesgo de la población para las amenazas sísmicas y la susceptibilidad por deslizamientos. La clasificación aquí usada varía del amarillo (pocos habitantes expuestos) al rojo (muchos habitantes expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido seleccionado para facilitar la representación visual de la variabilidad de los valores obtenidos en la evaluación. Los Municipios de color blanco no tienen áreas de asentamientos expuestas a las amenazas combinadas o, las amenazas seleccionadas no son espacialmente relevantes en los sitios de áreas de asentamientos.

### Recomendaciones

- El nivel de riesgo aceptable, expresado en este mapa, está reflejado en el ancho de la clase de la población de la exposición del código de color. Este código de color necesita ser ajustado para que los mapas de evaluación reflejen el nivel de riesgo aceptable en consenso con la sociedad de acuerdo a las metas de desarrollo de los gobiernos de la región;
- En las regiones en donde los mapas más detallados están disponibles, se recomienda hacer este análisis con estos mapas. Por favor, consulte a las autoridades responsables por la disponibilidad de los mapas individuales;
- Nosotros recomendamos comparar este mapa con los mapas de exposición al riesgo para las amenazas individuales.

## Población Expuesta a Deslizamientos (Susceptibilidad Alta - Muy Alta) y Amenaza Sísmica (Media - Muy Alta)

Population Exposure to Landslide Susceptibility (High, Very High) and Seismic Hazard (Medium - Very High)



Exposición a los Riesgos

## Enfoque de Amenaza Múltiple: Infraestructura (Carreteras) Expuesta a la Amenaza Sísmica y por Deslizamientos, Supra-Regional

### Contenidos del Mapa

El mapa supra-regional muestra para cada Municipio de los países centroamericanos la suma de kilómetros de las carreteras principales que están expuestas a las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’, y a las zonas de susceptibilidad por deslizamientos ‘alta’ o ‘muy alta’.

### Propósito del Mapa con Respecto a la Gestión del Riesgo de Desastres

Se hace referencia a las notas generales en la página 72.

### Fuente y Disponibilidad de Datos

Los datos de las carreteras principales sobre los cuales este mapa está basado, se describen, con mayores detalles en la página 32. Los límites administrativos fueron tomados de las fuentes mencionadas en la página 24, los datos de susceptibilidad por deslizamiento están enumerados en las explicaciones en la página 50, y los datos de amenaza sísmica son tomados de la página 42.

### Comentarios

Resumiendo, casi 6700 km de carreteras principales están siendo amenazadas por la combinación de la ‘alta’ o ‘muy alta’ susceptibilidad por deslizamiento, y la ‘mediana-muy alta’ amenaza sísmica.

Pais	Km de Carreteras Expuestas
El Salvador	2 437
Guatemala	1 971
Honduras	317
Nicaragua	1 971
Totales	6 696

Debido a la estructura no homogénea de los datos de carreteras subyacentes, este análisis tiene que ser interpretado con sumo cuidado.

### Metodología

El mapa fue obtenido por medio de la intersección de las capas de datos de límites administrativos (página 24), la red vial (página 32), la ‘mediana-muy alta’ amenaza sísmica (página 42), y la ‘alta’ y ‘muy alta’ susceptibilidad por deslizamientos (página 50).

Se indica en las explicaciones en la página 72 para una descripción detallada del proceso de intersección y el procedimiento subsecuente.

### Cómo leer este Mapa

La intención de este mapa es dar una rápida visión para quienes toman las decisiones a nivel regional o nacional acerca de la exposición al riesgo de la red vial a las zonas de amenaza sísmica ‘mediana-muy alta’, y a las zonas de susceptibilidad por deslizamiento ‘alta’ y ‘muy alta’. La clasificación aquí usada varía del amarillo (pocos kilómetros expuestos) al rojo (muchos kilómetros expuestos). El ancho de la clase de la división del rojo al amarillo ha sido seleccionado para facilitar la representación visual de la variabilidad de los valores obtenidos en la evaluación.

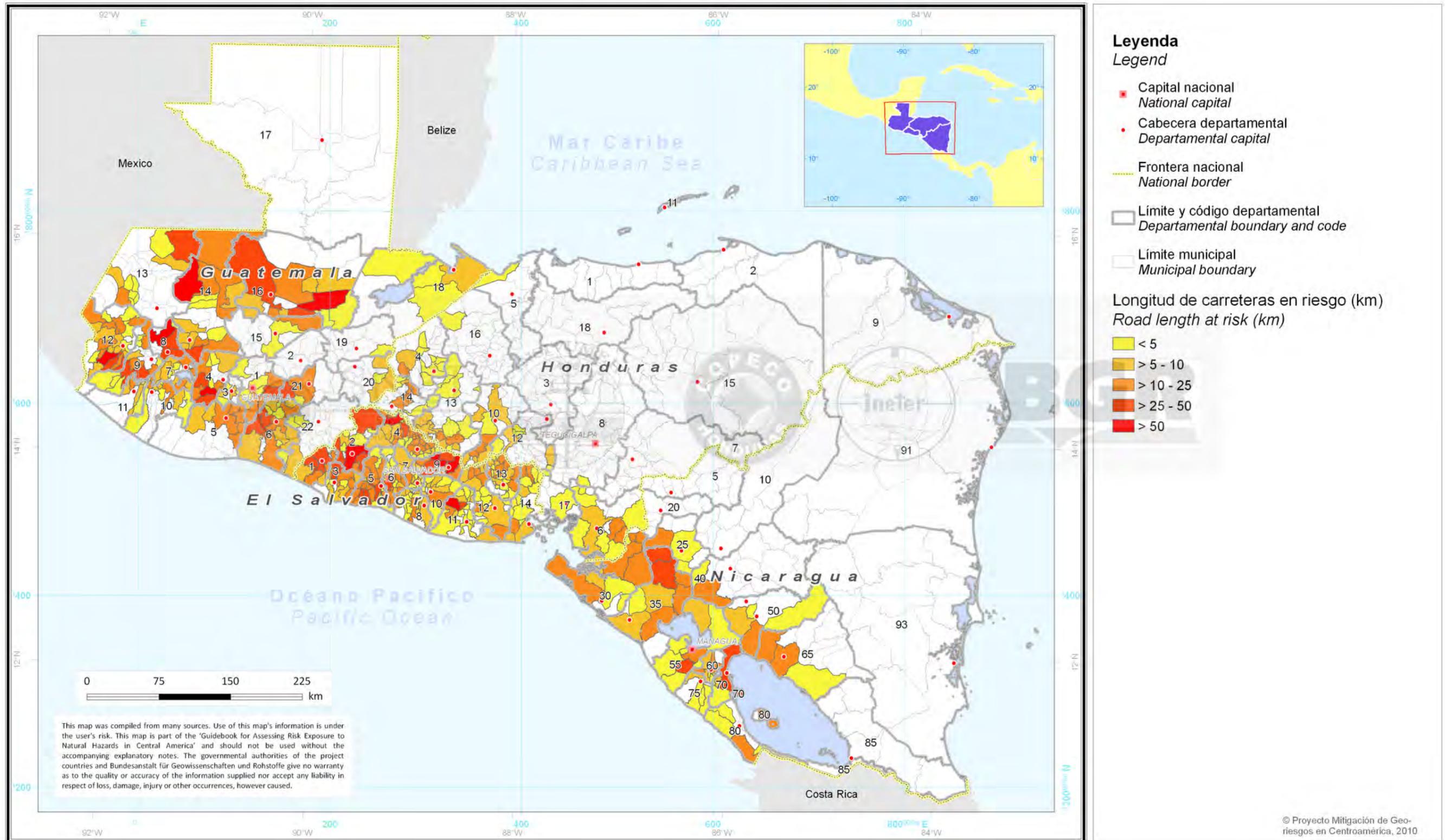
Los resultados detallados y completos de esta evaluación pueden ser consultados en la *geodatabase* (véase la página 17ss). Los Municipios de color blanco no tienen carreteras principales expuestas a las amenazas combinadas antes mencionadas o, las amenazas seleccionadas no son espacialmente relevantes a lo largo de las carreteras principales.

### Recomendaciones

- Las evaluaciones de riesgos similares pueden ser hechas con elementos de infraestructura adicional, tales como líneas de transmisión eléctrica, tuberías, líneas de ferrocarril, etc.;
- El riesgo de la infraestructura puede fácilmente ser transferido a las cifras económicas, si los costos promedios para la construcción o reconstrucción y mantenimiento de las carreteras son conocidos;
- El nivel de riesgo aceptable expresado en este mapa está reflejado en el ancho de la clase de la longitud de la carretera expuesta al código de color. Este código de color necesita ser ajustado para reflejar el riesgo aceptable en consenso por la sociedad.

### Carreteras Principales Expuestas a Deslizamientos (Susceptibilidad Alta - Muy Alta) y Amenaza Sísmica (Media - Muy Alta)

Total Length of Major Roads Exposed to Landslide Susceptibility (High, Very High) and Seismic Hazard (Medium - Very High)



Exposición a los Riesgos



## Perspectiva

El 'Manual para la Evaluación de la Exposición al Riesgo frente a Amenazas Naturales en Centroamérica - El Salvador, Guatemala, Honduras, y Nicaragua', ilumina las principales actividades para evaluar el mapa de exposición al riesgo espacial para las amenazas geológicas (hidro-meteorológicas) en una escala nacional y supra-regional por medio del uso de una base de datos asociada/herramienta SIG llamada CARA-GIS. Se describe qué tipo de información es esencial para los mapas de riesgos teniendo en mente la Gestión del Riesgo de Desastres.

El proceso del análisis de riesgo, basado en el SIG puede ser elaborado, en principio, también a las escalas sub-nacional y local. Sin embargo, los requisitos de los datos, a esos niveles, podrían ser considerablemente altos. Por ejemplo, si una amenaza por inundación local y la evaluación del riesgo fueran a ser llevadas a cabo, los datos de elevación detallados y los datos hidráulicos serían requeridos en el lado de la amenaza y, los datos específicos de construcción detallada al lado de la vulnerabilidad. Algunos requisitos de datos solamente podrían estar disponibles a través de detalladas y costosas campañas de campo y modelaciones.

Sin embargo, a fin de mitigar el riesgo frente a las amenazas geológicas de manera sostenible, la ambición de todas las actividades de mapeo y evaluación de riesgo pueden ser solo para transferir e implementar los resultados de la evaluación de riesgo en un proceso normal de planificación territorial de desarrollo a todos los niveles administrativos (véase la página 2). Como los resultados de la evaluación al riesgo deben contribuir al uso de suelo y a la realización de la planificación territorial sensible a riesgos, es inevitable reunir a los profesionales, encargados de las políticas, partes involucradas y geocientíficos para desarrollar una visión común acerca del beneficio práctico de tal análisis. En las descripciones de los mapas individuales de exposición al riesgo, el factor de análisis puede ser usado para los escenarios del tipo 'qué-si (*what-if*)'. Tales escenarios son particularmente importantes con respecto a las cifras del rápido aumento de población y/o las vulnerabilidades sociales en general.

Así que, con el propósito de profundizar, las complejas relaciones entre la amenaza natural, la vulnerabilidad y el riesgo y, para reconocer por qué la información relevante acerca del riesgo en las diferentes escalas tienen que guardarse actualizadas, una capacitación en CARA, involucrando a todas las autoridades a cargo, parece ser una consecuencia lógica. Teniendo ambas, es decir, una metodología profunda y un conocimiento experto, un paso inicial hacia el establecimiento de un servicio de asesoramiento político, ha sido tomado en cuenta.

Teniendo en mente la región centroamericana, la expansión institucional y geográfica de las actividades específicas del CARA para Costa Rica y Panamá debe valorarse la posibilidad de cumplir con los requisitos del 'Plan Regional de Reducción de Desastre 2006-2015' establecido por el SICA/CEPRENAC (2007).

Identificando la población o infraestructura en riesgo frente a las diferentes amenazas geológicas, tal como se describe en el manual, podría ser un paso esencial hacia la aplicación orientada a los nuevos objetivos o a la adaptación de los sistemas de alerta temprana proporcionando los mapas de exposición al riesgo deseados en demanda.

En principio, los procedimientos geo-espaciales de CARA necesarios para la preparación de los datos y análisis subsecuentes también pueden ser aplicados a otros tipos de amenazas y los potenciales riesgos resultantes, dado que estas amenazas son de naturaleza espacial.

El cambio climático mundial proporciona un campo amplio, en donde la metodología presentada puede ser usada para ejemplificar el impacto. Ambos, los cambios en las probabilidades de amenaza y los cambios en los componentes de la vulnerabilidad podrían ser ejemplificados con tal herramienta. Por ejemplo, la exposición al riesgo de la población a las recientes áreas propensas a la sequía usando información adecuada, como la distribución de la precipitación, tipos de suelos, y otros indicadores relevantes (vegetación) pueden ser ejemplificados.

Más allá de las amenazas naturales, también las amenazas tecnológicas (p.ej. dispersión de sustancias tóxicas) o, biológicas (p.ej. plagas epidémicas) de naturaleza espacial, pueden ser evaluadas como sus riesgos potenciales. Es evidente, que la metodología presentada solo puede ser un enfoque de primer orden para evaluar la exposición potencial de elementos en riesgo rápidamente. Muchas otras investigaciones y actividades ejemplificadas son de carácter imperativo.

Tecnológicamente, las herramientas del CARA presentadas aquí se basan en los *desktop* SIG. Esto se debe principalmente, al marco teórico del proyecto. Sin embargo, las ideas subyacentes, también como los modelos de datos pueden transferidos a los sistemas accesibles de la Web. Con tales sistemas, los datos y los mapas podrían sin esfuerzo, estar disponibles para un amplio rango de clientes, tanto para los sectores administrativos como para el público. El uso de la Web basada en la tecnología de información geográfica, también permitiría a las instituciones competentes contribuir con sus resultados, a la infraestructura de los datos geoespaciales regionales.



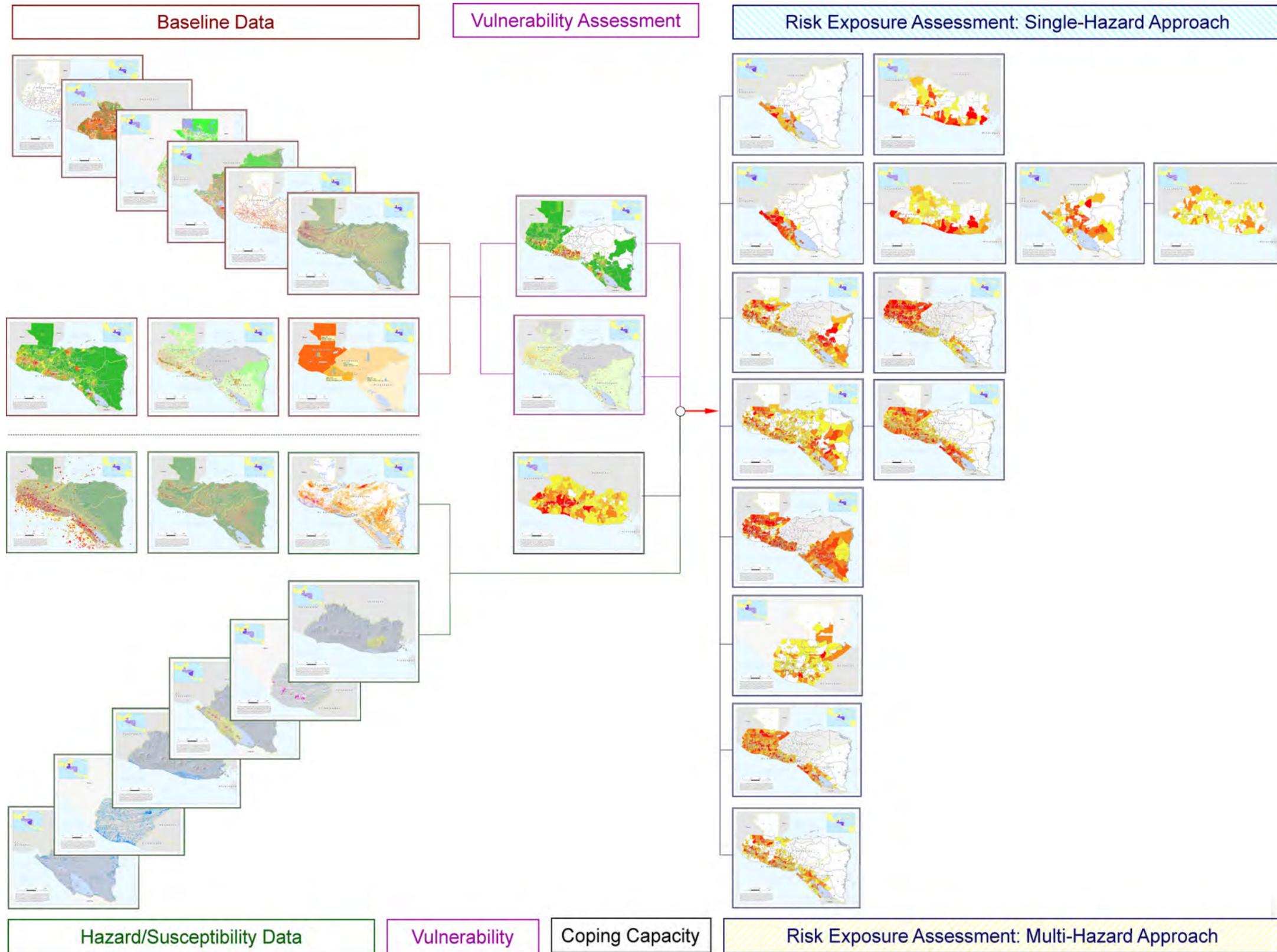
## *Anexos*

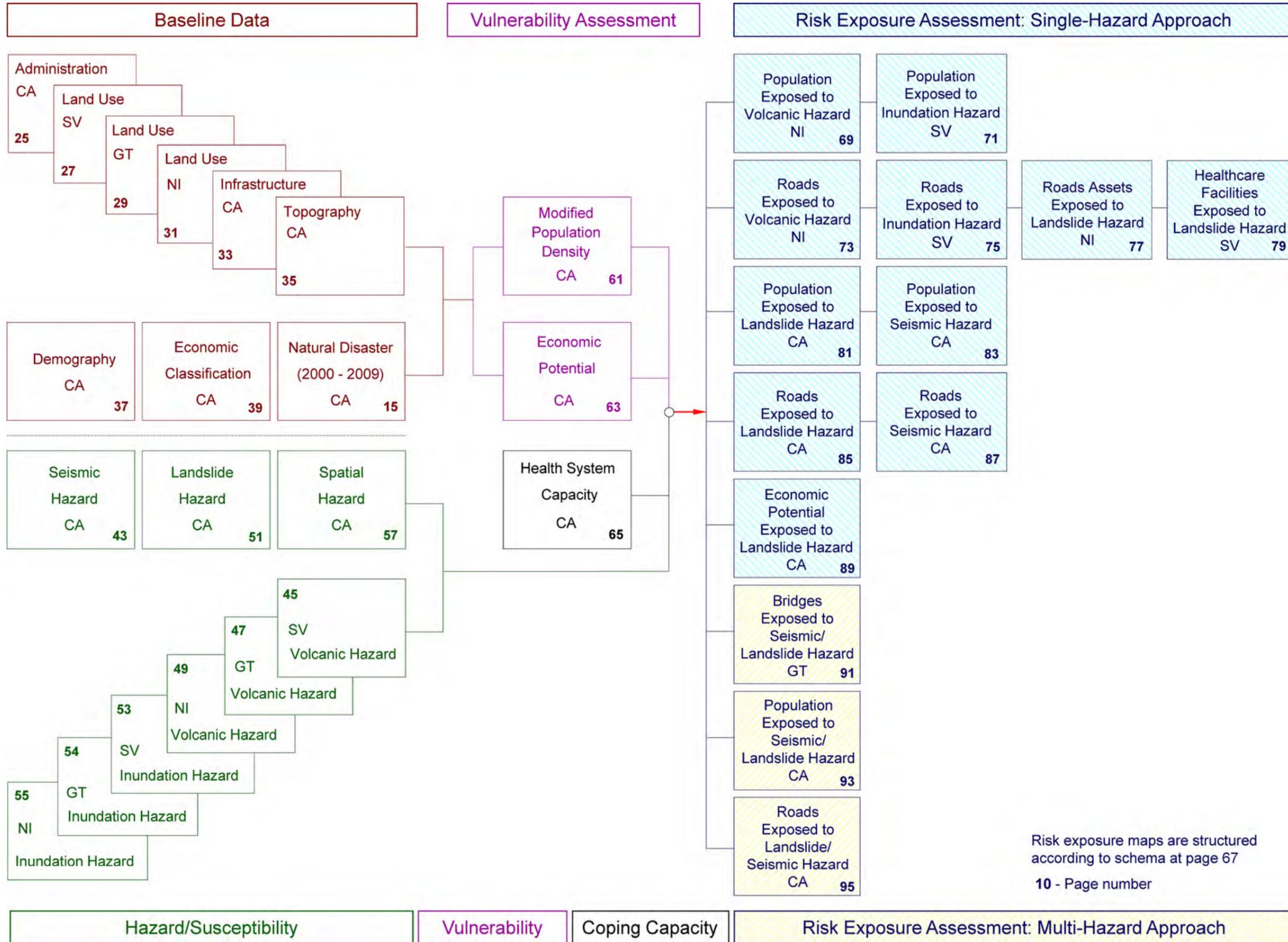
## Referencias

- ACOSTA, N. (2009, 2010): Mapas de alerta de tsunamis (Masachapa, Tola, Corinto, Nicaragua), personal communications; Proyecto Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica, Managua/Nicaragua.
- ALVARADO, G. E.; SOTO, G. J.; PULLINGER C. R.; ESCOBAR, R.; BONIS, S.; ESCOBAR, D. & M. NAVARRO (2007): Volcanic activity, hazards and monitoring. - In: BUNDSCHUH, J. & G.E. ALVARADO (Eds.): Central America - geology, resources, and hazards; Taylor & Francis.
- BENITO, M. B.; MOLINA, E.; MARROQUÍN, G.; ESCOBAR, J. J.; TALAVERA, E.; ROJAS, W.; CLIMENT, A.; CAMACHO ASTIGARRABIA, E. & C. LINDHOLM (2008): Evaluación de la amenaza sísmica en Centroamérica.- In: CEPREDENAC Informe, Madrid.
- BENITO, M.B. & TORRES, Y. (Eds.) (2010): Amenaza sísmica en América Central; Editorial: Libros de la Catarata, año de edición 2010, páginas: 371, ISBN: 978-84-8198-814-7.
- BOMMER, J. & RODRÍGUEZ, C. E. (2002): Earthquake-induced landslides in Central America. - In: Engineering Geology 63; p. 189 - 220.
- BUNDSCHUH, J.; WINOGRAD, M., DAY, M. & ALVARADO, G. E. (2007): Geographical, social, economic, and environmental framework and developments. - In: BUNDSCHUH, J. & G.E. ALVARADO (Eds.): Central America - geology, resources, and hazards; Taylor & Francis.
- CENTELLA, A.; CASTILLO, L & A. AGUILAR (1998): Escenarios climáticos de referencia para la República de El Salvador. - Proyecto EL S97G32; Universidad de El Salvador Centro America and Centro Nacional del Clima.
- CEPREDENAC (2007): Plan Regional de Reducción de Desastres 2006 - 2015; Secretaria Ejecutiva Centroamérica.
- CHIRICO, P. G.; WARNER M. B., & PHILLIPS, E. C. (2009): LIDAR derived 50-year flood-inundation maps and orthophotography of Honduras; [http://geology.er.usgs.gov/eespteam/terrainmodeling/floodplain\\_maps.htm](http://geology.er.usgs.gov/eespteam/terrainmodeling/floodplain_maps.htm).
- CONNOR, C.; CONNOR, L. & M. SHERIDAN (2006): Assessment of October 2005 debris flows at Panabaj, Guatemala, and recommendations for hazard mitigation. Report prepared for OXFAM (GB).
- DEMETS, C. R. G.; GORDON, D. F.; ARGUS, D. F. & S. STEIN (1994): Effect of recent revisions to the geomagnetic reversal time scale on estimate of current plate motions. - In: Geophys. Res. Lett., 21, pp. 2191-2194.
- DEVOLI, G.; STRAUCH, W.; CHÁVEZ, G. & K. HØEG (2007): A landslide database for Nicaragua - a tool for landslide hazard management [online] - Landslides. DOI 10.1007/s10346-006-0074-8; published online January 9, 2007.
- DEVOLI, D.; DE BLASIO, F. V.; ANDERS ELVERHØI, A. & K. HØEG (2008): Statistical analysis of landslide events in Central America and their run-out distance. - In: Geotechnical and Geological Engineering, Volume 27, Number 1/2/2009 10.1007/s10706-008-9209-0, p. 23-42.
- DEVOLI, G.; CEPEDA, J. & N. KERLE (2009): The 1998 Casita volcano flank failure revisited - New insights into geological setting and failure mechanisms. - In: Engineering Geology, 105, p. 65-83.
- ECLAC (2009): Statistical Yearbook for Latin America and the Caribbean, National Accounts. - [http://websie.eclac.cl/anuario\\_estadistico/anuario\\_2009/eng/default.asp](http://websie.eclac.cl/anuario_estadistico/anuario_2009/eng/default.asp).
- EDWIN, L.; HARP, R. C. W. & G. F. WIECZOREK (1976): The Guatemala earthquake of February 4, 1976. - In: Geol. Surv. Prof. Paper; 1204-A.
- EMERGENCY DATABASE (EM-DAT) (2010): <http://www.emdat.be/>.
- EVANS, S. G. & BENT, A. L. (2004): The Las Colinas landslide, Santa Tecla: a highly destructive flowslide triggered by the January 13, 2001, El Salvador earthquake. - In: ROSE, W. I.; BOMMER, J. J.; LOPEZ, D. L.; CARR, M. J.; MAJOR, J. J. (Eds): Natural hazards in El Salvador. - Geological Society of America, Special paper 375, p. 25-37.
- FELDMAN, L. H. (1993): Mountains of fire, lands that shake: earthquakes and volcanic eruptions in the historic past of Central America (1505-1899) (in English and Spanish). - In: Labyrinthos, Culver City, California, 295 p.
- FERNANDEZ, M. A.; MOLINA, E.; HAVSKOV, J. & K. ATAKAN (2000): Tsunamis and tsunami hazards in Central America. - Nat. Hazards, 22, 91-116.
- FREUNDT, A.; KUTTEROLF, S.; SCHMINCKE, H.-U.; HANSTEEN, T.; WEHRMANN, H., PEREZ, W., STRAUCH, W. & M. NAVARRO, (2006a): Volcanic hazards in Nicaragua: past, present, and future. - In: ROSE W. I.; BLUTH, G. J. S.; CARR, M. J.; EWERT, J. W.; PATINO L. C. & J. W. VALLANCE (Eds): Volcanic hazards in Central America; Geol. Soc. Amer. Spec. pap., 412: 141-165.
- FREUNDT, A.; KUTTEROLF, S.; WEHRMANN, H.; SCHMINCKE, H.-U. & W. STRAUCH (2006b): Eruption of the dacite to andesite zoned Mateare tephra, and associated tsunamis in Lake Managua, Nicaragua. - In: J. VOLC. GEOTHERM. RES., 149: p. 103-123.
- GIRÓN, J. R. & O. MATÍAS (2005): Pequeño tsunami (seiche) en la Bahía de Santiago, Lago de Atitlán, Sololá, Guatemala. - Internal report, INSIVUMEH (Guatemala-City).
- HARP, E.L.; WILSON, R.C. & G.F. WIECZOREK (1981): Landslides from the February 4, 1976, Guatemala earthquake: U.S. Geological Survey Professional Paper 1204-A, 35 p.
- HARP, E.L.; CASTAÑEDA, M. R. & M. D. HELD (2002): Landslides triggered by hurricane 'Mitch' in Tegucigalpa, Honduras. - In: U.S. Geological Survey Open-File Report 02-33, 11 p., 1 plate.
- HUETE, C. G. (Ed.) (2001): Amenazas naturales de Nicaragua. - Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. - 1ª ed., Managua: INETER, 310 p.; ISBN 99924-0-139-7.
- INETER (1995): Volcanic Hazard Map of Nicaragua (Scale 1:400 000); INETER (Managua/Nicaragua).
- ISO-Standard 19115 (2003): Geographic Information - Metadata. - International Organization for Standardization [http://www.iso.org/iso/catalogue\\_detail.htm?csnumber=26020](http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=26020).
- ISO-STANDARD 3166-1 (since 1997): International Organization for Standardization - Country Codes.
- ISO-STANDARD 3166-2 (since 1997): International Organization for Standardization - Subnational Codes.
- JICA (2001): The study on flood control and landslide prevention in the Tegucigalpa metropolitan area of the Republic of Honduras. - Japan International Cooperation Agency (JICA); Interim Report; 148 p.
- KANAMORI, H. & M. KIKUCHI (1993): The 1992 Nicaragua earthquake: a slow tsunami earthquake associated with subducted sediments. - In: Nature, 361, p. 714 - 716 (doi: 10. 1038/361714a0).
- KUHN, D.; STRAUCH, W. & E. SILVA (2009): Deslizamientos en El Suptal, Departamento de Copan y Suptal Belen, Departamento de Ocotepeque.- Reporte de la Inspeccion des Campo; COPECO, BGR, PMDN.
- LA FEMINA, P. C.; DIXON, T. H. & W. STRAUCH (2002): Bookshelf faulting in Nicaragua. - In: Geology, v. 30, n. 8, p. 751-754.
- LA FEMINA, P. C.; DIXON, T. H.; GOVERS, R.; NORABUENA, E.; TURNER, H.; SABALLOS, A.; MATTIOLI, G.; PROTTI, M. & W. STRAUCH (2009): Fore-arc motion and Cocos Ridge collision in Central America. - In: Geochem. Geophys. Geosyst., 10, Q05S14, doi:10.1029/2008GC002181.
- LANDSCAN (2004): LandScan™ Global Population Database. - Oak Ridge, TN: Oak Ridge National Laboratory; available at <http://www.ornl.gov/landscan/>; Database Version 2004.
- LINDHOLM, C.; CLIMENT, A.; CAMACHO, E.; STRAUCH, W.; CEPEDA, J.; CÁCERES, D.; LIGORRÍA, J. P. & BUNGUM, H. (2007): Seismic hazard and microzonation. - In: BUNDSCHUH, J. & G.E. ALVARADO (Eds.): Central America - geology, resources, and hazards; Taylor & Francis.
- MARSHALL, J. S. (2007): Geomorphology and physiographic provinces. - In: BUNDSCHUH, J. & G.E. ALVARADO (Eds.): Central America - geology, resources, and hazards; Taylor & Francis.
- MOLINA, E. (1997): Tsunami Catalogue for Central América 1539-1996. - Institute of Solid Earth Physics, Univ. Bergen, Norway; Report No.II 1-04; Project 'Reduction of Natural Disasters in Central America, Earthquake Preparedness and Hazard Reduction'.
- MORA, S. & VAHRSON, W. (1994): Macrozonning methodology for landslide hazard determination. - In: Bulletin of the Assoc. of Engineering Geologists, Vol. XXXI, No.1, p. 49-58.
- NADIM, F.; GREGOIRE, A.S.; KJESTAD, O.; RODRIGUEZ, C. & P. PEDUZZI (2004): Global landslide and avalanche hotspots: First-order identification of global slide and avalanche hotspots. - Norwegian Geotechnical Institute (NGI), Report no. 20021613-1.
- OECD (2005): Glossary of Statistical Terms - Land Use (<http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=6493>).
- PALMA, J. L.; ROSE, W. I. & R. ESCOBAR (2009): Volcanic threat in Central America: Assessment and comparison of volcanic hazards and associate vulnerability in Guatemala, El Salvador, Nicaragua, and Costa Rica, AGU Annual Meeting.
- PROJECT MITIGATION OF GEORISKS IN INDONESIA (2009): Guidebook for assessing the risks to geohazards - Case Study: Province of Central Java; Bandung/Hannover.
- REINOSO, E. & GROUP OF CO-AUTHORS (2005): Estudio de la vulnerabilidad sísmica de Managua - Informe Final, SINAPRED-INETER, Proyecto Reducción de la Vulnerabilidad Ante Desastres Naturales; Unpublished report.
- RODRÍGUEZ, C. E. (2007): Earthquake induced landslides. - In: BUNDSCHUH, J. & G.E. ALVARADO (Eds.): Central America - geology, resources, and hazards; Taylor & Francis.

- SCHILLINGER, S.; STRAUCH, W. & V. GUTIÉRREZ (2009): Using satellite based rainfall estimates for early warning on landslides and inundations in Central America. - In: Proceedings of the Joint Symposium of ICA Working Group on CEWaCM and JBGIS Gi4DM, Cartography and Geoinformatics for Early Warning and Emergency Management: Towards Better Solutions, January 19-22, 2009, Prague, Czech Republic.
- SCOTT, K. M.; VALLANCE, J. W.; KERLE, N.; MACÍAS, J. L.; STRAUCH, W. & G. DEVÓLI (2005): Catastrophic precipitation -triggered lahar at Casita volcano, Nicaragua: occurrence, bulking and transformation. - In: Earth Surface Processes and Landforms Volume 30, Issue 1, p. 59-79.
- SMITHSONIAN INSTITUTION: Global Volcanism Program (GVP), <http://www.volcano.si.edu>.
- STRAUCH, W. (Ed.) (2000): Estudio de la microzonificación sísmica de Managua. - Cooperation Project between INETER, NORAD, and CEPREDENAC 1997-2000.
- STRAUCH, W. (2004): Deslizamientos, flujos de lodo e inundaciones en el Cerro Musún, Junio 2004. - In: Bulletin 'Sismos y Volcanes de Nicaragua', Dirección General de Geofísica, Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Managua, Nicaragua.
- STRAUCH W. (2005): Tsunami warning and tsunami Hazard mitigation efforts in Nicaragua. - In: Proceedings Presentation at Joint IUGG/ITSU International workshop 'TSUNAMI HAZARD MITIGATION AND RISK ASSESSMENT' Santiago/Chile, 29 - 30 September, 2005.
- STRAUCH, W.; ÁLVAREZ, A. & A. MUÑOZ (2008): Reconocimiento de correntadas rápidas, inundación desastrosa y deslizamientos en Matagalpa, Nicaragua, ocurridos, el 17 de octubre de 2007, a causa de intensas lluvias, Geological Congress of Central America, San Jose, Costa Rica, July 02-05, 2008.
- STRAUCH, W.; Acosta, N. & J. LARREYNAGA (2010, in preparation): Amenaza de tsunami para el Golfo de Fonseca (El Salvador, Honduras y Nicaragua), Proyecto Mitigación de Geo-Riesgos en Centroamérica, Managua/Nicaragua.
- TOSHIKI, U.; PALACIO, L. & W. STRAUCH (2007): Flood hazard map for Masachapa urban area and Maravilla river flood plain. - In: Eos Trans. AGU, 88 (23), Jt. Assem. Suppl.
- UNDP (2004): A Global report Reducing Disaster Risk - a challenge for development. - In: United Nation Development Program; ISBN 92-1-126160-0.
- VALLANCE, J. W.; SCHILLING, S. P.; MATÍAS, O.; ROSE, W. I. & M. M. HOWELL (2001): Volcano Hazards at Fuego and Acatenango, Guatemala. - In: USGS Open File Report 01-431.
- VAN WYK DE VRIES, B.; GROSSE, P. & G. E. ALVARADO (2007): Volcanism and volcanic landforms. - In: BUNDSCHUH, J. & G.E. ALVARADO (Eds.): Central America - geology, resources, and hazards; pp. 123-154; Taylor & Francis.
- VON HUENE, R.; RANERO, C.R. & P. WATTS (2004): Tsunamigenic slope failure along the Middle America Trench in two tectonic settings. - In: Marine Geology, Volume 203, Issues 3-4, p. 303-317.
- WEYL, R. (1980): Geology of Central America. - Beiträge zur regionalen Geologie der Erde 15, 1-371.
- WORLD BANK (2005): Natural disaster hotspots - A global risk analysis (Washington, DC: Disaster Risk Management Series).
- WORLD BANK (2009): Disaster risk management programs for priority countries, ISDR World Bank, 2009.
- YAMAZAKI, Y.; KATAYAMA, I.; STRAUCH, W.; PALACIOS, L.; TRANA, M. & S. CORDONERO (2007): Development of tsunami hazard maps along the Pacific coast of Nicaragua. - In: Amer. Geoph. Union; Spring Meeting 2007, abstract #S33B-03.

## Flujo de Trabajo Metodológico





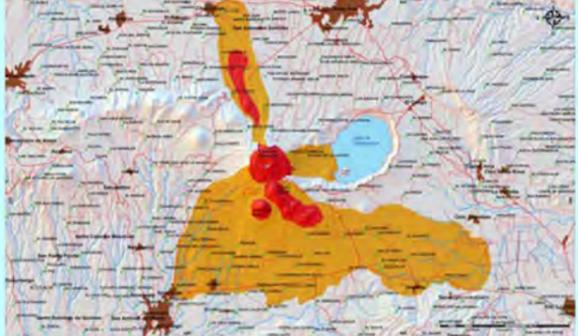
# Mapas de Amenaza Volcánica de El Salvador



## Mapa Preliminar de Amenaza Volcánica Complejo Volcánico de Santa Ana



### A CAÍDA DE BALÍSTICOS Y FLUJOS DE LAVA



**Balístico** es el nombre que se da a los fragmentos producidos por el cráter (principalmente por las bocas inferiores) de un volcán durante una explosión. Pueden ser fragmentos de roca sólida empujados por la fuerza del magma de las bocas del cono volcánico o fragmentos volcánicos de roca fundida (magma) que se enfriaron parcialmente en su camino para el aire. El tamaño de los balísticos varía desde los 5 y 50 centímetros, aunque algunos pueden presentar dimensiones mayores de hasta algunos metros de diámetro.

Al ser expulsados por el volcán, tienen trayectorias parabólicas y caen alrededor del cono empujando (foto 1). La distancia a la que caen los balísticos depende de su tamaño y de la magnitud de la explosión que los dio origen.

Para el caso del Complejo Volcánico de Santa Ana, los balísticos pueden alcanzar distancias mayores a 2 kilómetros, alrededor del cono central del volcán principal y de los volcánes adyacentes o secundarios que se encuentran alineados al noroeste y suroeste.

El área que puede ser afectada por estos materiales, señalada en rojo, es también susceptible de ser afectada por el resto de productos volcánicos, incluidos flujos piroclásticos.

El mayor problema que representa la caída de balísticos es la fuerza del impacto sobre personas e infraestructuras. Además, por la elevada temperatura a la que son expulsados, provocan en ocasiones, incendios forestales de grandes dimensiones.

En el volcán de Santa Ana no se ha documentado la ocurrencia de este tipo de procesos. Sin embargo, durante los terremotos de 2001 se registraron derrumbes en la ladera oriental, hacia el Lago de Chapetewan, lo que indica que esta área es inestable. Además, se han observado cambios morfológicos en la modulación de la ocurrencia de lahares en diferentes drenajes de las laderas norte, sur y oeste del volcán.

### B LAHARES (Flujos de Escombros)



Los lahares, llamados también flujos de escombros volcánicos, son una mezcla de agua que reacciona volcánicamente y sedimentos acumulados en las partes altas del volcán. Esta mezcla puede producirse por reactivación del volcán, aunque de forma más frecuente se desmenuza por lluvias intensas. Los flujos son transportados rápidamente a través de las quebradas, desde la cumbre del cono volcánico (foto 2) hasta depositarse en las partes más bajas del mismo, provocando el soterramiento de infraestructura y vías de comunicación.

En el volcán de Santa Ana no se ha documentado la ocurrencia de este tipo de procesos. Sin embargo, durante los terremotos de 2001 se registraron derrumbes en la ladera oriental, hacia el Lago de Chapetewan, lo que indica que esta área es inestable. Además, se han observado cambios morfológicos en la modulación de la ocurrencia de lahares en diferentes drenajes de las laderas norte, sur y oeste del volcán.

### C CAÍDA DE CENIZAS



Las cenizas volcánicas son fragmentos de roca menores a 2 milímetros que son llevados al aire a través de la columna eruptiva y son transportados por los vientos. En las erupciones volcánicas explosivas, el magma es fragmentado por el gas que lleva disueltos. Los fragmentos de mayor tamaño son denominados balísticos (ver área en color rojo del mapa A). Las partículas más pequeñas, de hasta 0,2 centímetros de diámetro, son denominadas piroclásticas finas. En las erupciones que se denominan como lavas, como en áreas cercanas al cono central (foto 4), las lavas son de 2 milímetros, las cenizas (foto 5), pueden dispersarse hasta cientos de kilómetros del volcán.

Entre los efectos que puede ocasionar la ceniza están: dificultad para respirar e irritaciones en piel y ojos, reducción de la visibilidad, contaminación de fuentes de agua y daños a los cultivos. En grandes cantidades, la ceniza puede provocar el colapso de los techos de casas e iglesias, especialmente si está húmeda. Es importante mencionar que las nubes de ceniza son un peligro para la aviación comercial, por los daños que pueden generar a los motores de las aeronaves en vuelo.

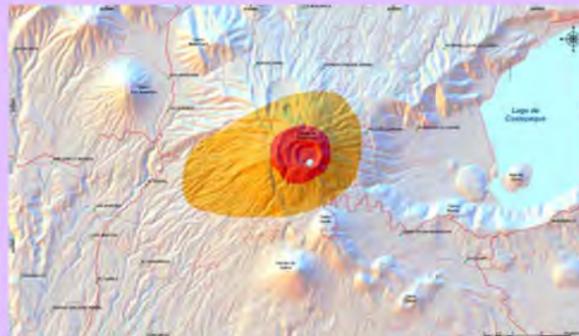
Las áreas afectadas por las emisiones de ceniza son diferentes en función del volumen de material emitido, la altura de la columna eruptiva y la dirección predominante del viento. Para el caso de Santa Ana la dispersión de cenizas se produce principalmente hacia el oeste. Se han representado tres escenarios en base a información histórica (escenario 1) y como resultado de la modelación del proceso (escenarios 2 y 3).

**Escenario 1:** Área afectada por la dispersión de ceniza en eventos eruptivos como los ocurridos en Santa Ana en 1904.

**Escenario 2:** Área afectada por la dispersión de ceniza en caso de una columna eruptiva de 5 kilómetros.

**Escenario 3:** Área afectada por la dispersión de ceniza en caso de una columna eruptiva de 14 kilómetros, para las condiciones de viento de enero (estación seca) y las condiciones de viento de agosto (estación húmeda).

### D EMISIÓN DE GASES



Los gases volcánicos son principalmente el vapor de agua (H<sub>2</sub>O), el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y el dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), además de otros gases como el ácido sulfúrico o ácido. Los gases son liberados por el volcán a través de fumarolas o en forma de gas a través del suelo.

El volcán de Santa Ana tiene un campo de fumarolas en el sector occidental del interior del cráter (foto 6) que emite gases de forma permanente. Los gases liberados por las fumarolas de vapor de agua, a menudo emite dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Los gases liberados por las fumarolas de vapor de agua, a menudo emite dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>). Los gases liberados por las fumarolas de vapor de agua, a menudo emite dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) y dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Además, la interacción de los gases volcánicos con el agua precipitada durante la estación húmeda, genera lluvia ácida que daña la vegetación y los cultivos, permeabiliza el bosque (foto 7) y el cañal (foto 8) del sector sur y oeste del cono volcánico.

Los estudios de la geomorfología y la geología del volcán de Santa Ana sugieren que el sector suroccidental del volcán de Santa Ana sufrió un colapso hace algunos miles de años. Este colapso generó una gran zona de escombros (debris-avalanche), flujo de escombros, lava y rocas de grandes dimensiones que se trasladó hacia el sector suroccidental del cono, formando el actual cono de Chapetewan, donde hoy se ubica el pueblo.

En general, es un proceso con muy baja probabilidad de ocurrir. En la actualidad los riesgos morfológicos y estructurales del volcán de Santa Ana no indican que este fenómeno pueda volver a ocurrir.

### E) Colapso Estructural



El colapso estructural de un volcán consiste en el desplazamiento súbito de una parte del edificio volcánico, se produce en volcánes altos con fuertes pendientes, afectados por lavas, con fumarolas muy altas, con cascadas prolongadas del cono, con las fumarolas muy altas, externos a los que se someten al edificio volcánico por el aumento de magma, terremotos o lluvias intensas.

**Escenario 1:** representa el área generada durante un año con erupciones moderadas.

**Escenario 2:** representa el área afectada en un año con erupciones más intensas. En el año 2004 esta área alcanzó los 10 km<sup>2</sup>.

### Localización y Características



El Complejo Volcánico de Santa Ana (foto 8 y figura 1) se ubica en el occidente del país, a 16 kilómetros al noreste de la ciudad de Santa Ana, en las coordenadas 15° 51' 2" N y 90° 37' 5" W. El volcán de Santa Ana, también denominado Chapetewan, es el volcán principal del complejo. En su flanco sur y suroeste se encuentran el volcán de Izabal, el Cerro Verde y una serie de conos adyacentes, tales como: los conos de escoria El Conop, El Ardillo y San Marcos - Cerro Chero. También hacia el noreste y noroeste encontramos conos de escoria, tales como el Cerro El Rabo y algunos cráteres de explosión como el Plan del Hoyo, alineados sobre una fractura normal con dirección noroeste-suroeste, que corre desde la zona del volcán hacia la ciudad de Chalchuapa, cerca de la cual existe también un conjunto de cráteres de hundimiento del tipo de calderas sobre esta graba. Al occidente de esta graba y al sur de La Cruz se forma el volcán Mala Cruz, que también es adyacente del Santa Ana.

Todo el complejo se ubica al oeste de la Caldera de Chapetewan, formada por el hundimiento circular de un grupo de volcánes que sucesivamente ocupaban este lugar.

### LEYENDA GENERAL

**Red Vial**

- Camino Principal
- Camino Mejorado

**Red Hídrica**

- Principales
- Secundarias
- Quaternarias

Cuerpos de agua

Zonas urbanas

Cabeceira Central

Mapa de Amenaza Volcánica del complejo volcánico de Santa Ana, El Salvador (refiérase también a la página 44)

fuentes: SNET  
(http://www.snet.gob.sv/Geologia/Vulcanologia/amenazas/MAP AVSA.pdf)

D. Ferrás, D. Escobar, C. Pullinger  
Servicio Nacional de Estudios Territoriales  
J.W. Vallance, J.P. González  
United States Geological Survey  
2004

# Mapa de Escenarios de Amenaza Volcánica Volcán de San Miguel o Chaparrastique



Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales



SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA



SNET  
Servicio Nacional de Estudios Territoriales

## A LAHARES

Los lahares, también llamados flujos de escombros volcánicos, son mezclas de agua con rocas volcánicas y sedimentos acumulados en las partes altas del volcán. Este proceso puede desencadenarse por reactivación del volcán, por lluvias más frecuentes o inundaciones por lluvias intensas. Los flujos son transportados muy rápidamente a través de las quebradas, desde la cumbre del cono volcánico hasta depositarse en las partes más bajas.

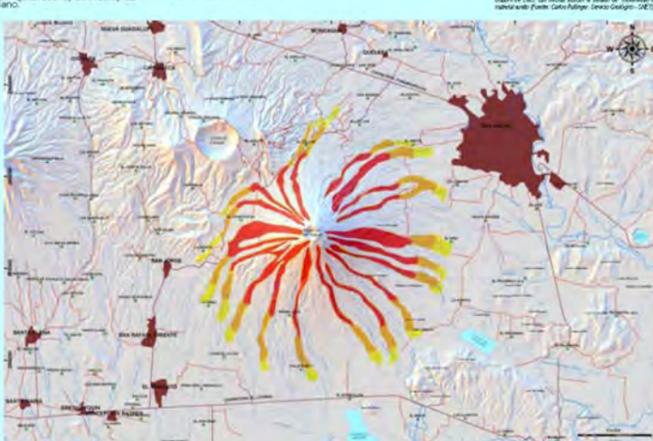
Historicamente el volcán de San Miguel ha producido pequeños lahares o flujos de escombros (Foto 1). Se ha documentado la ocurrencia de estos en el flanco norte del volcán principalmente por la quebrada La Arretera durante los años 1965, 1985, 1992, 1994, 1995, 2003 y 2011, todos directamente asociados a la acción de lluvias intensas. De acuerdo a observaciones de campo, se ha determinado que también algunos drenajes del sector oeste y suroeste del volcán, son propensos a transportar flujos de escombros, entre ellos: La Quebradona, La Piedra, La Pedrona, La Ceiba, El Guayo y El Llano.

Aunque pequeños, algunos de estos eventos han afectado a personas y viviendas de los cantones El Volcán y Chaparrastique. Así mismo, la carretera que conduce de San Miguel a San Jorge se obstruye durante la época de lluvias por los depósitos de escombros volcánicos y sedimentos que bajan del volcán.

**Escenario 1:** Área de alcance y distribución de flujos de escombros con volúmenes de 100,000 m<sup>3</sup>. Es el escenario con una mayor probabilidad de ocurrencia.

**Escenario 2:** Área de alcance y distribución de flujos de escombros con volúmenes de 500,000 m<sup>3</sup>. Es el escenario anterior pero no se descarta.

**Escenario 3:** Área de alcance y distribución de flujos de escombros con volúmenes de 1,000,000 m<sup>3</sup>. Este escenario tiene una baja probabilidad de ocurrencia.



## B CAÍDA DE BALÍSTICOS

**Balísticos** es el nombre que se le da a los fragmentos de roca expulsados por el cráter principal o por las bocas laterales de un volcán durante una erupción explosiva. Los bloques son fragmentos de roca sólida arrancados por la fuerza del magma de las grietas del conducto volcánico. Las bombas volcánicas son fragmentos de roca fundida (magma) que se enfrían parcialmente en su recorrido por el aire. El tamaño de los balísticos (bloques y bombas) varía entre los 4 y 50 cm, aunque algunos pueden presentar dimensiones mayores de hasta algunos metros de diámetro. Todos estos fragmentos al ser expulsados por el volcán, tienen trayectorias parabólicas en el aire y por su tamaño y peso caen alrededor del centro ombligo (Foto 2).

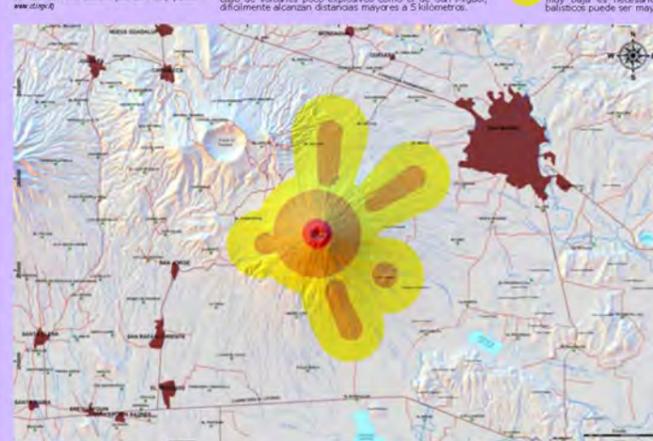
La distancia a la que caen los balísticos depende del tamaño y de la magnitud de la explosión que los dio origen. Para el caso de volcanes poco explosivos como el de San Miguel, el alcance alcanza distancias mayores a 3 kilómetros.

El mayor problema que representan estos materiales es la fuerza del impacto sobre personas e infraestructuras. Además, por la elevada temperatura a la que son expulsados, provocan en ocasiones, incendios forestales de grandes dimensiones.

**Escenario 1:** Área amenazada por caída de balísticos en caso de actividad volcánica de baja explosividad. Es el tipo de actividad con más probabilidad de ocurrencia y puede lanzar los balísticos hasta 1 kilómetro del centro de emisión.

**Escenario 2:** Área amenazada por caída de balísticos en caso de erupción de moderada magnitud. Este tipo de actividad es poco probable pero tiene capacidad para lanzar balísticos a distancias de hasta 2 kilómetros del centro de emisión.

**Escenario 3:** Área amenazada por caída de balísticos en caso de producirse una erupción de alta explosividad. Aunque la probabilidad de ocurrencia de este tipo de actividad es muy baja es necesario considerar que el alcance de los balísticos puede ser mayor a 2 kilómetros del centro emisor.



## C FLUJOS DE LAVA Y FLUJOS PIROCLÁSTICOS

Los flujos o cascadas de lava son masas de roca fundida a temperaturas entre 1,000 a 1,200°C emitidas por los volcanes (Foto 3). Se desplazan por las fajas del volcán a favor de las pendientes. Los flujos de lava son muy lentos y pesados. Los mayores problemas relacionados con los flujos de lava son los daños causados a viviendas, infraestructuras y vías de comunicación por soterramiento y por los ruidos. Cabe mencionar que es poco usual que los flujos de lava causen pérdidas de vidas humanas, ya que tienen un avance lento que permite retirarse de las zonas afectadas, así así, en caso de erupción, las personas que viven cerca de las quebradas y lagunas deben retirarse de las áreas amenazadas definidas en cada escenario hasta zonas más altas.

De acuerdo a estudios de campo se han identificado más de 69 caídas de lava de composición básica (basálticoandesítica) en el volcán de San Miguel. La emisión de lavas se produce por el cráter central o por bocas eruptivas y flujos ubicados en el flanco del cono volcánico, desde donde han recorrido distancias entre 2 y 11 kilómetros.

**Escenario 1:** Áreas que pueden ser afectadas por flujos de lava con un recorrido de hasta 2 kilómetros desde el centro de emisión. Generalmente desde el centro de emisión, estos flujos se canalizan por valles y quebradas, no tienen alcances grandes pero son los que tienen una mayor probabilidad de ocurrencia, ya que se pueden producir por erupciones de pequeña magnitud.

**Escenario 2:** Áreas que pueden ser afectadas por flujos de lava con recorridos entre 2 y 8 kilómetros desde el centro de emisión. Pueden ser generados por erupciones de mediana magnitud, tienen una menor probabilidad de ocurrencia que los flujos generados por erupciones más pequeñas.

**Escenario 3:** Áreas que pueden ser afectadas por flujos de lava con recorridos mayores a 8 kilómetros y con volúmenes de hasta 12 millones m<sup>3</sup> desde el centro de emisión. Son generados por erupciones de gran magnitud y por tanto tienen una menor probabilidad de ocurrencia.

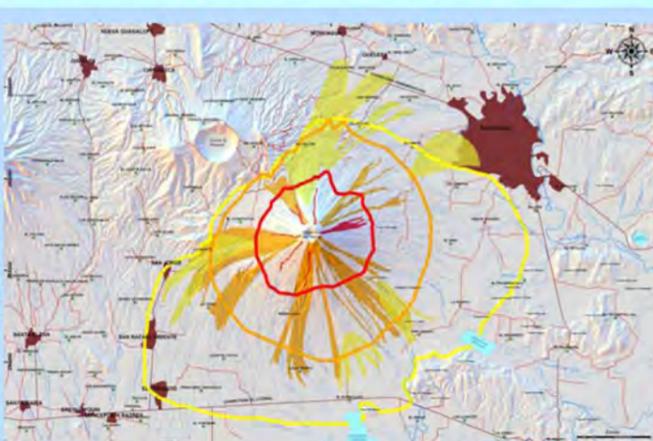
Los flujos piroclásticos son masas de cenizas con gases y cenizas que bajan en las fajas del volcán a favor de las pendientes. Los flujos piroclásticos son muy lentos y pesados. Los mayores problemas relacionados con los flujos piroclásticos son los daños causados a viviendas, infraestructuras y vías de comunicación por soterramiento y por los ruidos. Cabe mencionar que es poco usual que los flujos piroclásticos causen pérdidas de vidas humanas, ya que tienen un avance lento que permite retirarse de las zonas afectadas, así así, en caso de erupción, las personas que viven cerca de las quebradas y lagunas deben retirarse de las áreas amenazadas definidas en cada escenario hasta zonas más altas.

De acuerdo a estudios de campo se han identificado más de 69 caídas de lava de composición básica (basálticoandesítica) en el volcán de San Miguel. La emisión de lavas se produce por el cráter central o por bocas eruptivas y flujos ubicados en el flanco del cono volcánico, desde donde han recorrido distancias entre 2 y 11 kilómetros.

**Escenario 1:** Área que puede ser afectada por flujos piroclásticos con un recorrido de hasta 2 kilómetros desde el centro de emisión. Generalmente desde el centro de emisión, estos flujos se canalizan por valles y quebradas, no tienen alcances grandes pero son los que tienen una mayor probabilidad de ocurrencia, ya que se pueden producir por erupciones de pequeña magnitud.

**Escenario 2:** Área que puede ser afectada por flujos piroclásticos con recorridos entre 2 y 8 kilómetros desde el centro de emisión. Pueden ser generados por erupciones de mediana magnitud, tienen una menor probabilidad de ocurrencia que los flujos generados por erupciones más pequeñas.

**Escenario 3:** Área que puede ser afectada por flujos piroclásticos con recorridos mayores a 8 kilómetros y con volúmenes de hasta 12 millones m<sup>3</sup> desde el centro de emisión. Son generados por erupciones de gran magnitud y por tanto tienen una menor probabilidad de ocurrencia.



## D CAÍDA DE CENIZAS

Las cenizas volcánicas son partículas de roca y minerales expulsadas por el cráter principal o por las bocas laterales de un volcán durante una erupción explosiva. Los bloques son fragmentos de roca sólida arrancados por la fuerza del magma de las grietas del conducto volcánico. Las bombas volcánicas son fragmentos de roca fundida (magma) que se enfrían parcialmente en su recorrido por el aire. El tamaño de los balísticos (bloques y bombas) varía entre los 4 y 50 cm, aunque algunos pueden presentar dimensiones mayores de hasta algunos metros de diámetro. Todos estos fragmentos al ser expulsados por el volcán, tienen trayectorias parabólicas en el aire y por su tamaño y peso caen alrededor del centro ombligo (Foto 2).

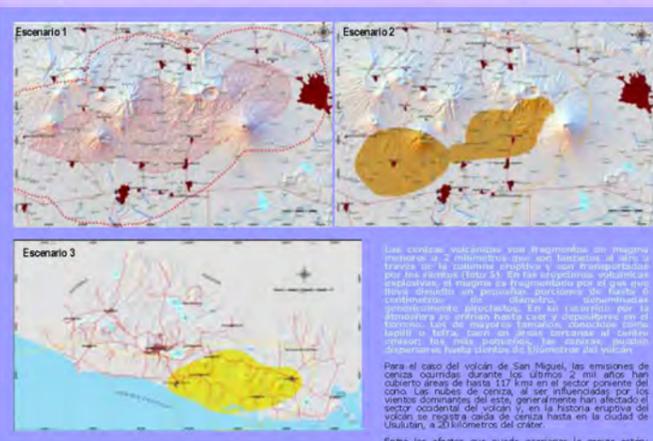
La distancia a la que caen los balísticos depende del tamaño y de la magnitud de la explosión que los dio origen. Para el caso de volcanes poco explosivos como el de San Miguel, el alcance alcanza distancias mayores a 3 kilómetros.

El mayor problema que representan estos materiales es la fuerza del impacto sobre personas e infraestructuras. Además, por la elevada temperatura a la que son expulsados, provocan en ocasiones, incendios forestales de grandes dimensiones.

**Escenario 1:** Área afectada por la caída de cenizas en caso de actividad volcánica explosiva de pequeña magnitud. Los cenizas pueden llegar a acumularse con grosores de más de 5 cm, en el sector sur y más de 3 mm de espesor en el resto del cono.

**Escenario 2:** Área afectada por caída de cenizas en caso de actividad volcánica explosiva de moderada magnitud. Este tipo de actividad es poco probable pero tiene capacidad para lanzar cenizas a distancias de hasta 2 kilómetros del centro de emisión.

**Escenario 3:** Área afectada por caída de cenizas en caso de actividad volcánica explosiva de alta magnitud. Este tipo de actividad es muy poco probable pero tiene capacidad para lanzar cenizas a distancias de hasta 3 kilómetros del centro de emisión.



## E Colapso Estructural

El colapso estructural de un volcán ocurre cuando el desmoronamiento de la parte superior del cono de un volcán provoca un deslizamiento de la parte superior del cono. Este tipo de actividad es muy poco probable pero puede tener consecuencias graves para las personas que viven en las zonas de riesgo. Este tipo de actividad puede ser generada por erupciones de gran magnitud y por tanto tienen una menor probabilidad de ocurrencia.

El trabajo de campo y la interpretación de fotografías aéreas sugieren que la parte superior del cono de San Miguel ha experimentado un colapso estructural. Este tipo de actividad puede ser generada por erupciones de gran magnitud y por tanto tienen una menor probabilidad de ocurrencia.

La ocurrencia de este tipo de proceso en el pasado y las condiciones actuales del volcán hacen pensar que en caso de producirse otro colapso en el futuro, impactaría afectada la zona del flanco occidental (faja sur) y como segunda opción el flanco este (faja sur-este).

**Escenario 1:** Área afectada por caída de cenizas en caso de actividad volcánica explosiva de alta explosividad. Este tipo de actividad es muy poco probable pero tiene capacidad para lanzar cenizas a distancias de hasta 3 kilómetros del centro de emisión.

**Escenario 2:** Área afectada por caída de cenizas en caso de actividad volcánica explosiva de moderada magnitud. Este tipo de actividad es poco probable pero tiene capacidad para lanzar cenizas a distancias de hasta 2 kilómetros del centro de emisión.

**Escenario 3:** Área afectada por caída de cenizas en caso de actividad volcánica explosiva de pequeña magnitud. Este tipo de actividad es poco probable pero tiene capacidad para lanzar cenizas a distancias de hasta 1 kilómetro del centro de emisión.



## Localización y Características

El volcán de San Miguel, conocido también como Chaparrastique (Foto 4), 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 (Fig. 1). Tiene una elevación de 2,130 m.s.n.m. y es el tercer volcán más alto del país. A su alrededor se encuentran los municipios de San Miguel, Quelepa, Mompagua, Chetumeca, San Jorge, San Rafael Oriente y El Triunfo, todos del Departamento de San Miguel.

El volcán de San Miguel se considera activo, tanto por su actividad histórica como por su actividad actual. Se tiene conocimiento de al menos 25 erupciones durante los últimos 304 años. En el presente, cuenta con un alto nivel de actividad sísmica y erupción permanente de gases a través de fumarolas.

Desde la fundación de la ciudad de San Miguel, en 1530, el volcán ha producido ocho flujos de lava a través de fumarolas en las fajas del cono volcánico. La erupción más reciente ocurrió en 1992, cuando la lava se dirigió a la ciudad de San Miguel. El volcán también ha producido pequeñas y moderadas explosiones de cenizas, gases y lava caliente a través del cráter central, las cuales han sido destruidas al norte y oeste del mismo. La última actividad eruptiva con emisión de lava ocurrió en 1970 y la última pequeña explosión con sacudimiento de cenizas tuvo lugar el 10 de enero de 2002.




## Escenarios de Amenaza Volcánica

**Amenaza o peligro volcánico** es la probabilidad de que los materiales expulsados por un volcán en erupción afecten un área específica durante un período de tiempo determinado. Existen diferentes tipos de amenazas o peligros volcánicos, por la variedad de procesos y productos volcánicos que puede emitir un volcán. Entre ellos se encuentran: lavas, caída de fragmentos de roca (balísticos), flujos piroclásticos y flujos de escombros (lahares), cada uno de los cuales tienen características y formas de desplazamiento propias. Por tanto, son también distintos los efectos que provocan.

El mapa de Escenarios de Amenaza del Volcán de San Miguel, representa de forma gráfica, las posibles zonas de distribución y los niveles de afectación por las futuras amenazas del volcán. Cada uno de los escenarios de amenaza representados resulta de la integración de la información histórica, la información geológica, recopilada en trabajos de campo y la simulación por computadora de cada uno de los procesos volcánicos.

Para cada mapa, el escenario #1, representado en rojo, señala las zonas relativamente cercanas al centro de emisión, que tienen una mayor probabilidad de ser impactadas por los productos de una erupción, aunque esta sea de pequeña magnitud. Son áreas que pueden ser afectadas con mayor frecuencia.

Los escenarios 2 y 3, representados en naranja y amarillo respectivamente, señalan las zonas que pueden ser afectadas por erupciones de moderada o gran magnitud. Estos eventos tienen menor probabilidad de ocurrir que las erupciones de menor tamaño. Sin embargo, tienen capacidad de distribuir sus productos a mayor distancia y con un mayor impacto.

El propósito de este mapa es ser una herramienta útil para orientar las acciones de prevención y mitigación de riesgos para reducir la vulnerabilidad de las personas y daños dentro de la zona de influencia del volcán. Las áreas representadas en el mapa son el resultado de la estimación de niveles de amenaza y por tanto una aproximación a la realidad del fenómeno. Los límites de las áreas delimitadas deben entenderse como líneas de referencia y no como absolutas.



## Valores PIB

País	Código del Sector	Sector	PIB (US\$)*	PIB (Millones en Moneda Nacional)**
<b>Nicaragua</b>				
	1	AB Agricultura, caza, silvicultura y pesca	985 083 840	21 049
	2	C Explotación de minas y canteras	66 399 840	1 419
	3	D Industrias manufactureras	979 917 120	20 938
	4	E Electricidad, gas y agua	169 673 400	3 626
	5	F Construcción	320 102 640	6 840
	6	GH Comercio al por mayor y al por menor, restaurantes y hoteles	795 478 320	16 997
	7	I Transportes, almacenamiento y comunicaciones	308 547 720	6 593
	8	JK Establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	710 672 040	15 185
	9	LMNOPQ Servicios comunales, sociales y personales	1 094 628 600	23 390
<b>Honduras</b>				
	1	AB Agricultura, caza, silvicultura y pesca	1 710 093 930	32 823
	2	C Explotación de minas y canteras	155 294 470	2 981
	3	D Industrias manufactureras	2 739 735 810	52 586
	4	E Electricidad, gas y agua	159 639 610	3 064
	5	F Construcción	850 808 630	16 330
	6	GH Comercio al por mayor y al por menor, restaurantes y hoteles	2 348 558 590	45 078
	7	I Transportes, almacenamiento y comunicaciones	963 474 880	18 493
	8	JK Establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	2 269 455 160	43 560
	9	LMNOPQ Servicios comunales, sociales y personales	2 529 996 840	48 560
<b>El Salvador</b>				
	1	AB Agricultura, caza, silvicultura y pesca	2 693 100 000	2 693
	2	C Explotación de minas y canteras	85 500 000	86
	3	D Industrias manufactureras	4 452 400 000	4 452
	4	E Electricidad, gas y agua	417 100 000	417
	5	F Construcción	860 100 000	860
	6	GH Comercio al por mayor y al por menor, restaurantes y hoteles	4 434 200 000	4 434
	7	I Transportes, almacenamiento y comunicaciones	1 991 600 000	1 992
	8	JK Establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	3 296 000 000	3 296
	9	LMNOPQ Servicios comunales, sociales y personales	2 999 000 000	2 999
<b>Guatemala</b>				
	1	AB Agricultura, caza, silvicultura y pesca	3 892 146 000	31 695
	2	C Explotación de minas y canteras	638 326 680	5 198
	3	D Industrias manufactureras	6 787 180 560	55 270
	4	E Electricidad, gas y agua	874 753 520	7 123
	5	F Construcción	1 733 125 520	14 113
	6	GH Comercio al por mayor y al por menor, restaurantes y hoteles	5 559 020 920	45 269
	7	I Transportes, almacenamiento y comunicaciones	2 757 768 720	22 457
	8	JK Establecimientos financieros, seguros, bienes inmuebles y servicios prestados a las empresas	4 448 466 840	36 225
	9	LMNOPQ Servicios comunales, sociales y personales	7 827 124 640	63 739

\* La conversión del tipo de cambio se aplica a partir de marzo 2010

\*\* El valor refleja los precios del mercado del 2008

Fuente: ECLAC (2009)

## Acrónimos

a.s.l.	above sea level
CAFFG	Central American Flash Flood Guidance
CORINE	Coordination of Information on the Environment
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (Swiss Agency for Development and Cooperation)
DEM	Digital Elevation Model
GIS	Geographic Information System (SIG)
GSHAP	Global Seismic Hazard Assessment Program
IGOS	Integrated Global Observing Strategy
IRS	Indian Remote Sensing
ISDR	International Strategy for Disaster Reduction
ISO	International Organization for Standardization
JICA	Japan International Cooperation Agency
LIDAR	Light detection and ranging
MDE	Modelo Digital de Elevación
MDT	Modelo Digital del Terreno
NASA	National Aeronautics and Space Administration, USA
NIO	Nicaraguan Cordoba
OECD	Organization for Economic Cooperation and Development
ONG	Organización No Gubernamental
PIB	Producto Interno Bruto (Gross Regional Domestic Product)
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
s.n.m.	sobre el nivel del mar
SHP	Filename extension for ESRI GIS shape-files
SRTM	Shuttle Radar Topographic Mission
UNDP	United Nation Development Program
USD	US Dólar
USGS	United States Geological Survey

## Fuentes de Datos

La siguiente tabla enumera los datos usados y mencionados en este manual.

Tipo de datos	Fuente	Año de la compilación de los datos	Escala	Formato de Distribución	Costo Promedio
<b>Datos de Línea de Base</b>					
Áreas Administrativas	El Salvador: Centro Nacional de Registros (CNR)/Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN)	Continuamente actualizado	1:25 000	GIS file format: shp; dgn	a solicitud
	Guatemala: Instituto Geográfico Nacional (IGN)/Instituto Nacional de Estadística (INE)	2002	1:250 000	GIS file format: shp	a solicitud; sin costo para las autoridades gubernamentales
	Honduras: Instituto Geográfico Nacional (IGN)	1974	1:200 000 - 1:350 000	GIS file format: shp	sin información
	Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)	2006	1:525 000	GIS file format: shp; dgn	US\$ 20
Uso de Suelo/cobertura de suelo	El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) e IGCN	2003	LANDSAT 15 m	GIS file format: shp	a solicitud; sin costo
	Guatemala: Unidad de Planificación y Gestión del Riesgo/Ministerio de Agricultura y Alimentación (MAGA)	2005	1:50 000	GIS file format: shp	a solicitud; sin costo
	Honduras: sin datos disponibles	-	-	-	-
	Nicaragua: Ministerio Agropecuario y Forestal (MARN)/INETER	2000	1:50 000	GIS file format: shp	a solicitud
Infraestructura (sólo la red vial)	El Salvador: Ministerio de Obras Públicas (MOP)	Continuamente actualizado	1:25 000	GIS file format: shp	a solicitud
	Guatemala: Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda (CIV)	2009	1:250 000	GIS file format: shp	a solicitud
	Honduras: National geodatabase of 'Proyecto Mitigación de Desastres Naturales' (PMDN)	Desconocido	desconocido	ESRI feature class	a solicitud
	Nicaragua: Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI)	2004	1:525 000	GIS file format: shp; dgn	US\$ 20
Topografía	El Salvador: Centro Nacional de Registros (CNR)/Instituto Geográfico y del Catastro Nacional (IGCN)	2000/2005 (SRTM-3)	90 m	GRID	Dominio público USGS
	Guatemala: Instituto Geográfico Nacional (IGN)	2000/2005 (SRTM-3)	90 m	GRID	Dominio público USGS
	Honduras: Instituto Geográfico Nacional (IGN)?	2000/2005 (SRTM-3)	90 m	GRID	Dominio público USGS
	Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)	2000/2005 (SRTM-1/3)	30 m/90 m	GRID	Dominio Público USGS (90 m)/a solicitud (30m)
	INETER/Japan International Development Agency (JICA)	2004	20 m	GRID	NIO 350 por cuadrante de acuerdo al mapa topográfico 1:50 000
Demografía	El Salvador: Ministerio de Economía (MINEC) (carried out by Dirección General de Estadística y Censos)	2007	-	Alfanumérico	Acceso libre
	Guatemala: Instituto Nacional de Estadística (INE)	2002	-	Alfanumérico	Acceso libre
	Honduras: Instituto Nacional de Estadística (INE)	2001	-	Alfanumérico	Acceso libre
	Nicaragua: Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Nicaragua (INEC)/ Instituto Nacional de Información de Desarrollo (INIDE)	2005	-	Alfanumérico	Acceso libre
	El Salvador: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)	2009	-	Alfanumérico	Acceso libre
Potencial Económico	Guatemala: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)	2009	-	Alfanumérico	Acceso libre
	Honduras: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)	2009	-	Alfanumérico	Acceso libre
	Nicaragua: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)	2009	-	Alfanumérico	Acceso libre
	El Salvador: Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)	2009	-	Alfanumérico	Acceso libre
<b>Datos de Amenaza/Susceptibilidad</b>					
Amenaza Sísmica	Supra-Regional: RESIS-II	2008	Escala Relativa	GRID	Acceso libre/Informe con CD
Amenaza Volcánica	El Salvador: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)	2004 (Santa Ana, San Miguel)	Escala Relativa	GIS file format: shp	Acceso libre
	Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)/JICA	2000-2003	1: 25 000	GIS file format: shp	Acceso libre
	Honduras: -	-	-	-	-
Susceptibilidad por Deslizamientos	Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)	1995	1:400 000	GIS file format: shp	US\$ 50 (versión impresa)
	El Salvador: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)	2002	Escala Relativa	GRID	Acceso libre
	Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)	2008	Escala Relativa	GRID	Sin información
	Honduras: Comisión Permanente de Contingencias (COPECO)	2008	Escala Relativa	GRID	-
Susceptibilidad por Inundaciones	Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)	2004	Escala Relativa	GRID	Acceso libre
	El Salvador: Servicio Nacional de Estudios Territoriales (SNET)	2002	1:25 000 (topográfico)	GIS file format: shp	Acceso libre
	Guatemala: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)	2001	1: 250 000 (topográfico)	GIS file format: shp	Sin información
	Honduras: (Comisión Permanente de Contingencias (COPECO))	-	-	-	-
Nicaragua: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)	1999	1:750 000 (topográfico)	GIS file format: shp	Acceso libre	

## Instituciones Nacionales

En esta lista figuran los organismos e instituciones gubernamentales nacionales que son importantes en el más amplio contexto de la Gestión del Riesgo de Desastres, ya sea por la formulación del marco normativo, proporcionando datos importantes o bien, ser responsable de la ejecución. Las instituciones aparecen en orden alfabético con referencia a sus abreviaturas, ya que éstas son las más utilizadas.

Nombre de la Institución	Dirección	Web
<b>El Salvador</b>		
Dirección General de Protección Civil	15 Avenida Norte y 9a Calle Oriente, Torre del Ministerio de Gobernación; Centro de Gobierno San Salvador, El Salvador	www.coen.gob.sv
IGCN Instituto Geográfico y del Catastro Nacional	Centro Nacional de Registros 1a Calle Poniente y 43 Av. Norte #2310; San Salvador, El Salvador	www.cnr.gob.sv
MARN Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales	Kilómetro 5 ½ Carretera a Santa Tecla, Calle y Colonia Las Mercedes Edificio MARN (anexo al edificio ISTA) No. 2; San Salvador, El Salvador	www.marn.gob.sv
MINEC Ministerio de Economía - Dirección General de Estadísticas y Censos	Alameda Juan Pablo II y Calle Guadalupe Edificio C1 - C2, Centro de Gobierno; San Salvador, El Salvador	www.minec.gob.sv
MSPAS Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social	Calle Arce No. 827; San Salvador, El Salvador	www.mspas.gob.sv
SNET Servicio Nacional de Estudios Territoriales	Km. 5 ½ Carretera a Nueva San Salvador; Avenida Las Mercedes San Salvador, El Salvador	www.snet.gob.sv
<b>Guatemala</b>		
CONRED Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres	Avenida Hincapié 21-72, zona 13; Ciudad de Guatemala, Guatemala	conred.gob.gt
IGN Instituto Geográfico Nacional	Avenida Las Américas 5-76, zona 13; Ciudad de Guatemala, Guatemala	www.ign.gob.gt
INE Instituto Nacional de Estadística	8a. calle 9-55 z.1; Ciudad de Guatemala, Guatemala	www.ine.gob.gt
INSIVUMEH Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología	Edificio Central, 7a. Av. 14 -57, zona 13; Ciudad de Guatemala, Guatemala	www.insivumeh.gob.gt
MAGA Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación	Dirección: 7a Avenida 12-90, zona 13; Ciudad de Guatemala, Guatemala	portal.maga.gob.gt
SEGEPLAN Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia	9 calle 10-44, zona 1; Ciudad de Guatemala, Guatemala	www.segeplan.gob.gt

Nombre de la Institución	Dirección	Web
<b>Honduras</b>		
COPECO Comisión Permanente de Contingencias Centro Nacional de Información en Gestión del Riesgos	Aldea el Ocotal, 300 mts. adelante del Hospital Militar; Tegucigalpa M.D.C., Honduras	www.copeco.hn cnigr.copeco.gob.hn
INE Instituto Nacional de Estadística (INE)	Lomas del Guijarro, edificio Plaza Guijarro, 5to. Piso; Tegucigalpa M.D.C., Honduras	www.ine-hn.org
ING Instituto Nacional Geográfico	Barrio La Bolsa Comayaguela Apartado, Postal 20706; Tegucigalpa M.D.C., Honduras	
<b>Nicaragua</b>		
INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Nicaragua	see INIDE	
INETER Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales	Frente a la Clínica Metrópoli Xolotlán Apartado Postal 2110; Managua, Nicaragua	www.ineter.gob.ni
INIDE Instituto Nacional de Información de Desarrollo		www.inide.gob.ni
MAGFOR Ministerio Agropecuario y Forestal	Km. 8 ½ Carretera Masaya; Managua, Nicaragua	www.magfor.gob.ni
MINED Ministerio de Educación		www.mined.gob.ni
MINSAL Ministerio de Salud	Complejo Nacional de Salud 'Dra. Concepción Palacios' Costado Oeste Colonia Primero de Mayo; Managua, Nicaragua	www.minsa.gob.ni
MTI Ministerio de Transporte e Infraestructura		mti.gob.ni
SINAPRED Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres	Edificio SINAPRED, Rotonda Colón 50 metros al Norte, frente a Avenida Bolívar; Managua, Nicaragua	www.sinapred.gob.ni

## Instituciones Supra-Regionales

Figuran en esta lista las instituciones a nivel supra-regional con enlaces a temas relacionados a la gestión del riesgo de desastres en Centroamérica. Por favor, vaya a la Web correspondiente para obtener más información sobre las áreas y funciones de estas instituciones.

<b>Nombre</b>	<b>Name</b>	<b>Dirección/Address</b>	<b>Web</b>
CEPREDENAC Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Centra	Coordination Center for Natural Disaster Prevention in Central America		<a href="http://www.cepredenac.org">www.cepredenac.org</a>
CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe	ECLAC Economic Commission for Latin America and the Caribbean	Secretaría Ejecutiva Av. Dag Hammarskjold 3477 Vitacura; Santiago, Chile	<a href="http://www.cepal.cl">www.cepal.cl</a>
CCAD Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo			<a href="http://www.ccad.ws">www.ccad.ws</a>
SICA Sistema de la Integración Centroamericana	Central American Integration System	Secretaría General Bulevar Orden de Malta No. 470, Urbanización Santa Elena; Antiguo Cuscatlán, El Salvador	<a href="http://www.sica.int">www.sica.int</a>

## Glosario

Esta lista contiene las definiciones terminológicas de los términos más recientes relacionados a la evaluación de riesgos. Estas definiciones fueron adoptadas de la página Web de ISDR (Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, por sus siglas en inglés) ([www.unisdr.org/eng/library/UNISDR-terminology-2009-eng.pdf](http://www.unisdr.org/eng/library/UNISDR-terminology-2009-eng.pdf)).

La Terminología de UNISDR pretende promover el entendimiento común y el uso común de los conceptos de reducción de riesgos de desastres y ayudar a los esfuerzos para la Reducción de Riesgo de Desastres de las autoridades, ejecutores y el público.

### Amenaza

Un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede causar pérdidas de vida, lesiones u otros impactos a la salud, daños a las propiedades, pérdida de la manera de ganarse la vida y los servicios básicos, trastornos sociales y económicos o daños ambientales.

Comentario: Las amenazas de interés para la reducción del riesgo del desastre según lo indicado en la nota 3 al pie de la página del Marco de Hyogo son ‘...peligros de origen natural y amenazas y riesgos ambientales y tecnológicos relacionados.’ Tales amenazas se presentan de una variedad de fuentes geológicas, meteorológicas, hidrológicas, oceánicas, biológicas, y tecnológicas, que a veces, actúan en combinación. En el marco técnico, las amenazas son identificadas cuantitativamente por la frecuencia probable de la ocurrencia de diversas intensidades en distintas áreas, según lo determinado en base a los datos históricos o del análisis científico.

### Amenaza geológica

El proceso o fenómeno geológico que puede causar pérdidas de vida, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, pérdida de la manera de ganarse la vida y los servicios, trastornos sociales y económicos o daños ambientales.

Comentario: Las amenazas geológicas incluyen los procesos internos de la tierra tales como terremotos, actividades volcánicas y emisiones, y los procesos geofísicos relacionados como movimientos de masa, deslizamientos, desprendimiento de rocas, colapso de la superficie y flujos de escombros y lodo. Los factores hidrometeorológicos contribuyen enormemente a algunos de estos procesos. Los tsunamis son difíciles de categorizar; aunque los tsunamis son provocados por los terremotos submarinos y otros eventos geológicos, son esencialmente procesos oceánicos que se manifiestan como una amenaza relacionada a las aguas costeras.

### Amenaza hidrometeorológica

Proceso o fenómeno de naturaleza atmosférica, hidrológica u oceanográfica que puede causar pérdida de vida, lesiones u otros impactos a la salud, daños a la propiedad, pérdida de la manera de ganarse la vida y servicios, trastornos sociales y económicos o daños ambientales.

Comentario: Las amenazas hidrometeorológicas incluyen ciclones tropicales (también conocidos como tifones y huracanes), tormentas eléctricas, granizadas, tornados, ventiscas, nevadas pesadas, avalanchas, oleaje costero debido a las tormentas, inundaciones, incluyendo las inundaciones instantáneas, sequía, olas de calor y temporadas de frío. Las condiciones hidrometeorológicas también pueden ser un factor de otras amenazas tales como deslizamientos, incendios en terrenos baldíos, plagas de langostas, epidemias, y en el transporte y dispersión de sustancias tóxicas y materiales provenientes de la erupción volcánica.

### Amenaza natural

Proceso o fenómeno natural que puede causar pérdida de vidas, lesiones u otros impactos a la salud, daños a las propiedades, pérdida de la manera de ganarse la vida y los servicios, trastornos sociales y económicos, y la degradación ambiental.

Comentario: Las amenazas naturales son un subconjunto de todas las amenazas. El término se utiliza para describir los acontecimientos reales de amenaza, así como las condiciones latentes de amenaza que pueden dar lugar a los acontecimientos futuros. Los acontecimientos de amenaza natural se pueden caracterizar por su magnitud o intensidad, velocidad de llegada, duración, y el área de alcance. Por ejemplo, los terremotos tienen duraciones cortas y afectan generalmente a una región relativamente pequeña, mientras que las sequías se desarrollan lentamente y desaparecen, y a menudo afectan a regiones extensas. En algunos casos, las amenazas pueden estar asociadas, como la inundación causada por un huracán o el tsunami generado por un terremoto.

### Amenaza socio-natural\*

El fenómeno de la ocurrencia creciente de ciertos acontecimientos geofísicos e hidrometeorológicos de amenaza que se presentan de la interacción de las amenazas naturales con la tierra sobreexplotada o degradada y los recursos ambientales tales como deslizamientos, inundaciones, hundimiento de tierra y sequía.

Comentario: Este término se utiliza para las circunstancias en las cuales la actividad humana está aumentando la ocurrencia de ciertas amenazas más allá de sus probabilidades naturales. La evidencia señala que la carga de desastre por tales amenazas es cada vez mayor. Las amenazas socio-naturales se pueden reducir y evitar a través del manejo prudente de suelo y los recursos ambientales.

### Capacidad

La combinación de todas las fuerzas, atributos y recursos disponibles dentro de una comunidad, sociedad u organización que pueden ser utilizadas para lograr las metas consensuadas.

Comentario: En la capacidad puede incluirse la infraestructura, las medidas físicas, las instituciones y la competencia social de afrontamiento, así como el conocimiento humano, habilidades y los atributos colectivos como la relación social, liderazgo y gestión.

La capacidad también puede ser ilustrada como aptitud. La evaluación de la capacidad, es el término para el proceso mediante el cual la capacidad de un grupo es examinada respecto a las metas deseadas.

### Capacidad de afrontamiento

Capacidad de la gente, las organizaciones y los sistemas a enfrentar y manejar las condiciones adversas, emergencias o desastres usando las habilidades y los recursos disponibles.

Comentario: La capacidad de afrontamiento requiere la concientización continua, recursos y buena gestión, tanto en los tiempos normales como durante una crisis o las condiciones adversas. La capacidad de afrontamiento contribuye a la reducción de los riesgos de desastres.

### Conciencia pública

El alcance del conocimiento común sobre los riesgos de desastres, los factores que causan los desastres y las acciones que pueden ser tomadas individual y colectivamente para reducir la exposición y la vulnerabilidad a las amenazas.

Comentario: La conciencia pública es el factor clave en la reducción eficaz del riesgo de desastre. Su desarrollo se busca, por ejemplo, mediante el desarrollo y la difusión de la información por los medios de comunicación y los canales educativos, el establecimiento de los centros de información, las redes, y las acciones comunitarias o participativas, y apoyo por parte de los funcionarios públicos de alto rango y los líderes comunales.

### Degradación ambiental

Reducción de la capacidad ambiental para satisfacer los objetivos y las necesidades sociales y ecológicas.

Comentario: La degradación ambiental puede modificar la frecuencia y la intensidad de las amenazas naturales y aumentar la vulnerabilidad de las comunidades. Los tipos de la degradación inducida por el ser humano son variados e incluyen el abuso del suelo, erosión y pérdida del suelo, desertificación, incendios en terrenos baldíos, pérdida de la biodiversidad, deforestación, destrucción del mangle, contaminación del suelo, el agua y el aire, cambio climático, elevación del nivel del mar y disminución del ozono.

### Desarrollo de la Capacidad

El proceso mediante el cual la gente, una organización o una sociedad estimulan y desarrollan sistemáticamente sus capacidades a lo largo del tiempo para lograr las metas sociales y económicas, inclusive, a través del mejoramiento del conocimiento, las habilidades, los sistemas y las instituciones.

Comentario: El desarrollo de la capacidad es un concepto que expande el término de creación de la capacidad, de modo que abarca todos los aspectos de crear y sostener el crecimiento de la capacidad a lo largo del tiempo. Se trata del aprendizaje y varios tipos de capacitación, pero también los esfuerzos continuos de desarrollar las instituciones, la conciencia política, los recursos financieros, los sistemas tecnológicos y el entorno favorecedor social y culturalmente más amplio.

## Desarrollo sostenible

Desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

Comentario: Esta definición elaborada por la Comisión de Brundtland en 1987 es muy concisa pero deja sin respuesta muchas preguntas con respecto al significado de la palabra desarrollo y los procesos sociales, económicos y ambientales que están involucrados. El riesgo de desastre es asociado a los elementos insostenibles del desarrollo tales como la degradación ambiental, mientras que inversamente la reducción de riesgo de desastre puede contribuir al logro del desarrollo sostenible a través de pérdidas reducidas y prácticas mejoradas de desarrollo.

## Desastre

Un trastorno serio del funcionamiento de una comunidad o una sociedad que involucra pérdidas e impactos humanos, materiales, económicos o ambientales de grandes proporciones, los cuales exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada de sobrellevarse utilizando sus propios recursos.

Comentario: Los desastres son a menudo ilustrados como el resultado de la combinación de la exposición a la amenaza; las condiciones de vulnerabilidad que están presentes y la capacidad o las medidas insuficientes para reducir o enfrentar las consecuencias potenciales negativas. El impacto del desastre puede abarcar la pérdida de vidas, lesiones, enfermedades y otros efectos negativos para el bienestar físico, mental y social del ser humano, junto con los daños a las propiedades, destrucción de los activos, pérdida de servicios, trastornos sociales y económicos, y degradación ambiental.

## Evaluación de riesgo

La metodología para determinar la naturaleza y el alcance del riesgo mediante el análisis de las amenazas potenciales y la evaluación de las condiciones existentes de vulnerabilidad que en conjunto podrían potencialmente dañar a las personas expuestas, las propiedades, los servicios, la manera de ganarse la vida y el ambiente del cual las personas dependen.

Comentario: La evaluación de riesgo (y el mapeo de riesgo que la acompaña) incluyen una revisión de las características técnicas de amenaza como su ubicación, intensidad, frecuencia y probabilidad; el análisis de exposición y vulnerabilidad incluyendo las dimensiones físicas sociales, de la salud, económicas y ambientales; y la evaluación de la efectividad de las capacidades de afrontamiento preexistentes y alternativas con respecto a los probables escenarios de riesgo. Esta serie de actividades se conoce, a veces, como el proceso de análisis de riesgo.

## Exposición

Personas, propiedades, sistemas u otros elementos presentes en las zonas de amenaza que están, por lo tanto, sujetos a las pérdidas potenciales.

Comentario: En las mediciones de exposición puede incluirse el número de personas o los tipos de activos en el área. Estos pueden combinarse con la vulnerabilidad específica de los elementos de exposición a cualquier amenaza particular para estimar los riesgos cuantitativos asociados con esa amenaza en el área de interés.

## Instalaciones críticas

Las estructuras físicas primarias, las instalaciones técnicas y los sistemas que son social, económica y operacionalmente esenciales para el funcionamiento de una sociedad o comunidad, tanto en las circunstancias ordinarias como las extremas de emergencia.

Comentario: Las instalaciones críticas son elementos de la infraestructura que sostiene los servicios esenciales de una sociedad. Se incluyen el sistema de transporte, aeropuertos y puertos marinos, electricidad, agua y el sistema de comunicación, hospitales y clínicas de salud, y los cuarteles de bomberos, las comisarías de la policía y los centros de servicios de administración pública.

## Gestión correctiva del riesgo de desastre\*

Actividades de manejo que abordan los riesgos de desastres que están ya presentes y buscan cómo corregirlos o reducirlos.

Comentario: Este concepto pretende establecer una distinción entre los riesgos que ya están presentes y necesitan ser manejados y reducidos ahora mismo y los posibles riesgos que pueden desarrollarse en el futuro si no están en lugar las políticas de reducción de riesgos. Véase también 'Manejo de posible riesgo'.

## Gestión del riesgo

El acercamiento y la práctica sistemática del manejo de incertidumbre para minimizar los daños y las pérdidas potenciales.

Comentario: Gestión del riesgo consiste de la evaluación y el análisis de riesgo, y la implementación de las estrategias y acciones específicas para controlar, reducir y transferir los riesgos. Es practicado extensamente por parte de las organizaciones para minimizar el riesgo en las decisiones de inversión y para abordar los riesgos operacionales como la interrupción de de la actividad económica, fracaso de la producción, daños ambientales, impactos sociales y daños por incendios y amenazas naturales. La gestión del riesgo es un tema principal para los sectores tales como el de abastecimiento de agua, energía y agricultura cuya producción es directamente afectada por el tiempo y el clima extremo.

## Gestión del riesgo de desastre

El proceso sistemático de uso de directivas administrativas, organizaciones, habilidades operacionales, y capacidades para implementar estrategias, políticas y capacidades mejoradas de afrontamiento, con el fin de reducir los impactos adversos de las amenazas y la posibilidad del desastre.

Comentario: Este término es una ampliación del término más general 'gestión del riesgo' que aborda el tema específico de riesgos de desastres. La gestión del riesgo de desastre pretende evitar, reducir o transferir los efectos adversos de las amenazas mediante las actividades y las medidas de prevención, mitigación y preparación.

## Gestión del riesgo de desastre anticipado\*

Actividades de gestión que abordan el desarrollo de los riesgos nuevos o mayores y buscan cómo evitarlos.

Comentario: Este concepto se enfoca más en abordar los riesgos que pueden desarrollarse en el futuro si no están en lugar las políticas de reducción de riesgos, que en los riesgos que están ya presentes y pueden ser manejados y reducidos ahora mismo. Véase también 'Gestión correctiva del riesgo de desastre'.

## Medidas estructurales y no estructurales

Medidas estructurales: Cualquier construcción física para reducir o evitar los posibles impactos de amenazas, o aplicación de las técnicas de ingeniería para lograr la resistencia y la resiliencia a las amenazas en las estructuras o sistemas;

Medidas no estructurales: Cualquier medida que no implica la construcción física y utiliza conocimientos, prácticas o acuerdos para reducir los riesgos y los impactos, particularmente mediante políticas y leyes, elevación de la conciencia pública, el entrenamiento y la educación.

Comentario: Las medidas estructurales comunes para la reducción de riesgos de desastres incluyen presas, diques contra inundaciones, rompeolas, edificios sismorresistentes y refugios de evacuación. Las medidas no estructurales comunes incluyen las normas de construcción, leyes de planificación de uso de suelo y su aplicación, investigación y evaluación, recursos de información y programas de concientización pública. Cabe notar que en la ingeniería civil y estructural, el término 'estructural' es usado en un sentido más limitado y significa solamente la estructura de carga, y las otras partes tales como, revestimiento de la pared y accesorios de interiores que son llamadas no estructurales.

## Mitigación

La reducción o limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres relacionados.

Comentario: No se pueden a menudo prevenir los impactos adversos de amenazas completamente, pero su escala o su severidad pueden ser disminuidas, sustancialmente, mediante varias estrategias y acciones. Las medidas de mitigación abarcan las técnicas de ingeniería y la construcción amenaza-resistente, así como las políticas medioambientales y la conciencia pública mejoradas. Cabe notar que en las políticas relacionadas al cambio climático, la 'mitigación' se define de diferente manera, siendo el término usado para la reducción de las emisiones de gases por el efecto invernadero que son la fuente del cambio climático.

## Normas de construcción

Un conjunto de ordenanzas y reglamentos y los estándares asociados que tiene como fin controlar los aspectos de diseño, construcción, materiales, modificación y ocupación de las estructuras que son necesarias y garantizar la seguridad y bienestar humano, incluyendo la resistencia al colapso y el daño.

Comentario: En las normas de construcción, pueden incluirse los estándares tanto técnicos como funcionales. Se les debe incorporar las lecciones aprendidas de la experiencia internacional y adecuarlas a las circunstancias nacionales y locales. Un régimen sistemático de aplicación es un requisito crítico de respaldo para la implementación efectiva de las normas de construcción.

## Planificación de uso de suelo

El proceso emprendido por autoridades públicas para identificar, evaluar y decidir las diversas opciones para el uso de suelo, incluyendo la consideración a los objetivos económicos, sociales y ambientales a largo plazo y las implicaciones para las diferentes comunidades y grupos de interés, y la formulación y promulgación subsecuente de los planes que describen el uso permitido o aceptable.

Comentario: La planificación de uso de suelo contribuye enormemente al desarrollo sostenible. Implica estudios y mapeo; análisis de los datos económicos, ambientales y de amenazas; formulación de las resoluciones alternativas de uso de suelo; y diseño de planes de largo plazo a diferentes escalas geográficas y administrativas. La planificación de uso de suelo puede ayudar a mitigar los desastres y reducir los riesgos frenando el poblamiento y la construcción de las instalaciones claves en áreas propensas a amenazas, incluyendo la consideración a las rutas de servicios de transportes, líneas eléctricas, tuberías de agua, alcantarillados y otras instalaciones críticas.

## Plataforma nacional para la reducción de riesgo de desastre

Un término genérico para los mecanismos nacionales dirigido a la coordinación y la orientación de las políticas en la reducción de riesgos de desastres, de carácter multisectorial e interdisciplinario y con la participación de la sociedad pública, privada y civil, involucrando todas las entidades concernientes dentro de un país.

Comentario: Esta definición se deriva de la nota 10 al pie de la página del Marco de Hyogo. La reducción de riesgos de desastres requiere el conocimiento, las capacidades y los aportes de una amplia gama de sectores y organizaciones, siendo apropiada la inclusión de las agencias de las Naciones Unidas presentes a nivel nacional. La mayoría de los sectores son afectados directa o indirectamente por los desastres y muchos de ellos tienen responsabilidades específicas relacionadas a los riesgos de desastres. Las plataformas nacionales proporcionan las medidas para ampliar las acciones nacionales destinadas a la reducción de riesgos de desastres y representan el mecanismo nacional ante la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres.

## Preparación

El conocimiento y las capacidades desarrolladas por los gobiernos, las organizaciones profesionales de respuesta y recuperación, las comunidades y los individuos para anticipar efectivamente, responder y recuperarse de los impactos, probablemente inminentes o actuales, de los acontecimientos o las condiciones de amenaza.

Comentario: Las acciones preparativas se llevan a cabo dentro del contexto de gestión del riesgo de desastres y pretende desarrollar las capacidades necesarias para manejar eficientemente todos los tipos de emergencias y lograr la transición ordenada, desde la respuesta hasta la recuperación duradera. La preparación se basa en un análisis sólido de los riesgos de desastres y la buena vinculación con los sistemas de alerta temprana, e incluye tales actividades como la planificación para las emergencias, almacenamiento de equipos y materiales, el desarrollo de los arreglos para la coordinación, evacuación e información pública, y las capacitaciones y los ejercicios de campo relacionados. Estos deben ser apoyados por las entidades institucionales, legales y presupuestarias formales. El término relacionado, 'buena disposición', describe la capacidad de responder de manera rápida y apropiada en el momento requerido.

## Prevención

El evitar de manera instantánea los impactos adversos de amenaza y los desastres relacionados.

Comentario: La prevención (es decir, prevención de desastres) se refiere al concepto y la intención de evitar totalmente los impactos potenciales adversos mediante las acciones que se toman de antemano. Los ejemplos incluyen las presas o los muros de contención que eliminan los riesgos de las inundaciones, las normas de uso de suelo que no permitan ningún poblado en las zonas de alto riesgo, y los diseños de ingeniería antisísmica que asegure la sobrevivencia y la función de los edificios críticos en caso de cualquier terremoto probable. Muy a menudo, no es factible evitar completamente las pérdidas y la tarea se transforma en la de mitigación. En parte por esta razón, los términos prevención y mitigación se utilizan a veces de manera intercambiable en el uso informal.

## Recuperación

La restauración, y la mejora en su caso, de las instalaciones, la manera de ganarse la vida y las condiciones de vida de las comunidades afectadas por los desastres, incluyendo los esfuerzos para reducir los factores de riesgos de desastres.

Comentario: La tarea de recuperación, de rehabilitar y reconstruir comienza inmediatamente después que la fase de emergencia termine, y debe basarse en las estrategias y políticas preexistentes que faciliten las responsabilidades institucionales bien definidas para la acción de recuperación y posibiliten la participación pública. Los programas de recuperación, junto con la conciencia pública elevada y el compromiso después de un desastre, producen una oportunidad

valiosa para desarrollar e implementar las medidas de reducción de riesgos de desastres y aplicar el principio de 'construir mejor en otra ocasión'.

## Reducción de riesgo de desastre

El concepto y la práctica de reducción de riesgo de desastres mediante los esfuerzos sistemáticos de análisis y manejo de los factores causales de desastres, incluyendo la reducción a través de menor exposición a amenazas, vulnerabilidad reducida de la gente y las propiedades, manejo prudente del suelo y el medioambiente, y mejor preparación para los eventos adversos.

Comentario: Se emprendió un acercamiento exhaustivo para reducir los riesgos de desastre en el Marco de Acción de Hyogo aprobado por las Naciones Unidas y adoptado en el 2005 cuyo resultado esperado es 'La reducción sustancial de pérdidas por desastres de vidas y recursos sociales, económicos y ambientales de las comunidades y los países'. El sistema de Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (ISDR) proporciona un medio para la cooperación entre los gobiernos, las organizaciones y los actores de la sociedad civil para ayudar a la implementación del Marco. Cabe notar que aunque se usa el término 'reducción de desastre' algunas veces, el término 'reducción de riesgo de desastre' proporciona un mejor reconocimiento de la naturaleza actual de los riesgos de desastres y el potencial actual para reducir estos riesgos.

## Refuerzo

Refuerzo o mejoramiento de las estructuras existentes para que sean más resistentes y resilientes a los efectos perjudiciales de las amenazas.

Comentario: El refuerzo requiere la consideración al diseño y la función de la estructura, las tensiones a las que la estructura pueda ser sujeta ante las amenazas particulares o escenarios amenazantes, y el detalle práctico y los costos de las diferentes opciones de refuerzo. Los ejemplos de refuerzo incluyen la adición de soportes a las paredes endurecidas, el refuerzo de los pilares, el agregar el tensor de acero entre las paredes y los techos, la instalación de postigos en las ventanas, y el mejoramiento de la protección de las instalaciones y los equipos importantes.

## Resiliencia

La capacidad de un sistema, una comunidad o una sociedad expuesta a las amenazas de resistir, absorber, acomodar y recuperarse de los efectos de una amenaza, de una manera oportuna y eficiente, incluso durante la preservación y la restauración de sus estructuras y los funciones básicas y esenciales.

Comentario: La resiliencia significa la capacidad de 'rebotar' o 'saltar para atrás' de un golpe. La resiliencia de una comunidad ante los acontecimientos de amenaza potencial, es determinada por el nivel de los recursos necesarios que tiene la comunidad y de la capacidad de organizarse tanto antes como durante el tiempo de la necesidad.

## Respuesta

La provisión de los servicios de emergencia y la ayuda pública durante o inmediatamente después de un desastre para salvar las vidas, reducir los impactos a la salud, garantizar la seguridad pública y satisfacer las necesidades básicas de subsistencia de las personas afectadas.

Comentario: La respuesta al desastre se enfoca predominante en las necesidades inmediatas a corto plazo y, a veces, se le llama 'alivio de desastre'. La división entre esta etapa de respuesta y la etapa subsecuente de recuperación no está claramente definida. Algunas acciones de respuesta, como el ofrecimiento de las viviendas temporales y el abastecimiento de agua, pueden bien extenderse a la etapa de recuperación.

## Riesgo

La combinación de la probabilidad de un acontecimiento y sus consecuencias negativas.

Comentario: Esta definición sigue de cerca a la definición de la Guía ISO/IEC 73. La palabra 'riesgo' tiene dos connotaciones distintas: en el uso popular, el énfasis está generalmente, en el concepto de casualidad o posibilidad, como en 'el riesgo de un accidente'; mientras que en el marco técnico el énfasis está generalmente en las consecuencias, en términos de 'pérdidas potenciales' en relación a cierta causa, lugar y período. Cabe notar que la gente no necesariamente comparte las mismas percepciones del significado y las causas subyacentes de los diferentes riesgos.

Véase los otros términos relacionados a riesgos en la Terminología: Riesgo aceptable; Gestión correctivo del riesgo de desastre; Riesgo de desastre; Gestión del riesgo de desastre; Reducción del riesgo de desastre; Planes de reducción del riesgo de desastre; Riesgo extenso; Riesgo intensivo; Gestión del riesgo de desastre anticipado; Riesgo residual; Evaluación de riesgo; Gestión del riesgo; Transferencia del riesgo.

### Riesgo Aceptable

El nivel de pérdidas potenciales que una sociedad o comunidad considera aceptable dadas las condiciones existentes sociales, económicas, políticas, culturales, técnicas y ambientales.

Comentario: En términos de ingeniería, el riesgo aceptable es también usado para evaluar y definir las medidas estructurales y no estructurales que se necesitan para reducir los posibles daños a las personas, propiedades, servicios y sistemas hasta un nivel tolerable, de acuerdo a las normas o la 'práctica aceptada' que se basa en las probabilidades conocidas de amenaza y otros factores.

### Riesgo de desastre

Las pérdidas potenciales por los desastres en vidas humanas, salud, manera de ganarse la vida, activos y servicios básicos que pueden ocurrir en una comunidad o una sociedad particular en algún tiempo específico del futuro.

Comentario: La definición del riesgo de desastre refleja el concepto de desastres como los resultados de las condiciones de riesgo continuamente presentes. El riesgo de desastre consiste de diferentes tipos de pérdidas potenciales que son a menudo difíciles de cuantificar. No obstante, con el conocimiento de las amenazas predominantes, el patrón de la población y el desarrollo socio-económico, se puede evaluar y mapear los riesgos de desastres, al menos, de manera amplia.

### Riesgo residual

El riesgo que queda sin manejo, aún cuando las medidas efectivas de reducción de riesgos de desastres estén en lugar, para el cual las capacidades de respuesta a emergencias y recuperación deben ser mantenidas.

Comentario: La presencia del riesgo residual implica que existe una necesidad continua de desarrollar y apoyar las capacidades efectivas para los servicios de emergencia, preparación, respuesta y recuperación junto con las políticas socio-económicas como las redes de seguridad y los mecanismos de transferencia de riesgos.

### Sistema de Alerta Temprana

El conjunto de capacidades necesarias para generar y diseminar la información de alerta de manera oportuna y significativa a fin de posibilitar que los individuos, las comunidades y las organizaciones en peligro por la amenaza se preparen y actúen apropiadamente y con suficiente tiempo para reducir la posibilidad del daño o pérdida.

Comentario: Esta definición abarca una gama de factores necesarios para lograr las respuestas a la alerta. Un sistema de alerta temprana centrado en la gente debe consistir de cuatro elementos claves: conocimiento de los riesgos; monitoreo, análisis y pronóstico de las amenazas; comunicación o diseminación de alertas y alarmas; y la capacidad local para responder a las alertas recibidas. La expresión 'sistema de alerta de punta a punta' es también usada para recalcar que el sistema de alerta tiene que abarcar todos los pasos, desde la detección de la amenaza hasta la respuesta de la comunidad.

### Transferencia de riesgo

El proceso formal o informal de trasladar las consecuencias financieras de los riesgos particulares de un grupo a otro, por el cual un hogar, una comunidad, una empresa o la autoridad estatal obtiene recursos del otro grupo después que ocurra un desastre, a cambio de los beneficios sociales o financieros actuales o compensatorios proporcionados al otro grupo.

Comentario: El seguro es una forma bien conocida de transferencia de riesgos, donde la cobertura de un riesgo se obtiene de un asegurador a cambio de las primas actuales pagadas al asegurador. La transferencia de riesgo puede ocurrir informalmente dentro de las redes familiares y comunales donde existen expectativas recíprocas de ayuda mutua por medio de regalos o méritos, así como formalmente donde los gobiernos, los aseguradores, los bancos multilaterales y otras entidades grandes que se hacen cargo de los riesgos, establecen mecanismos para ayudar a hacer frente a las pérdidas en grandes eventos. Tales mecanismos incluyen contratos de seguro y reaseguro, bonos por catástrofe, instalaciones de crédito contingente y los fondos de reserva, donde los costos son cubiertos por primas, contribuciones de inversionistas, tasa de interés y ahorros del pasado, respectivamente.

### Vulnerabilidad

Las características y las circunstancias de una comunidad, un sistema o un activo que hace que el mismo sea susceptible a los efectos perjudiciales de una amenaza.

Comentario: Hay muchos aspectos de vulnerabilidad que se generan de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales. Los ejemplos pueden incluir el diseño y la construcción pobre de los edificios, la protección inadecuada de los activos, falta de información pública y conciencia, reconocimiento oficial de riesgos y medidas de preparación limitadas, y

la indiferencia al manejo ambiental prudente. La vulnerabilidad varía considerablemente dentro de la comunidad y a lo largo del tiempo. Esta definición identifica la vulnerabilidad como una característica del elemento de interés (comunidad, sistema o activo) que es independiente de su exposición. Sin embargo, en el uso común, la palabra es a menudo interpretada más ampliamente e incluye la exposición del elemento.

\*Los nuevos conceptos emergentes que no se usan de manera extensa pero son de relevancia profesional creciente; la definición de estos términos todavía queda por someterse a una consulta amplia y puede ser que sea modificada en el futuro.