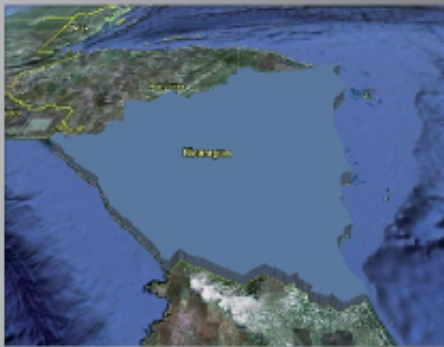


Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized

Public Disclosure Authorized



# AMENAZAS Y RIESGOS NATURALES DE NICARAGUA

## COMPENDIO DE MAPAS



Sistema Nacional de Prevención y Atención de Desastres - SINAPRED

Catálogo de amenazas y riesgos para desastres asociados a fenómenos de la naturaleza. / Secretaría Ejecutiva del SINAPRED

190 p.

Incluye bibliografía y glosario

ISBN XXX-XXX-XXXXX-X-X

1. Desastres naturales - Nicaragua. 2. Evaluación del riesgo - Nicaragua

3. Gestión del riesgo - Nicaragua. 4. Prevención de desastres - Nicaragua



La elaboración de ésta publicación se llevó a cabo en el marco del desarrollo del proyecto CAPRA (Central America Probabilistic Risk Assessment) realizado por el consorcio Evaluación de Riesgos Naturales América Latina (ERN-AL) con el apoyo financiero del Banco Mundial.



**CAPRA – CENTRAL AMERICA PROBABILISTIC RISK ASSESSMENT  
EVALUACIÓN PROBABILISTA DE RIESGOS PARA CENTRO AMÉRICA**

**Evaluación de Riesgos Naturales  
- América Latina -  
Consultores en Riesgos y Desastres**



Diciembre 2009

Secretaría Ejecutiva del SINAPRED

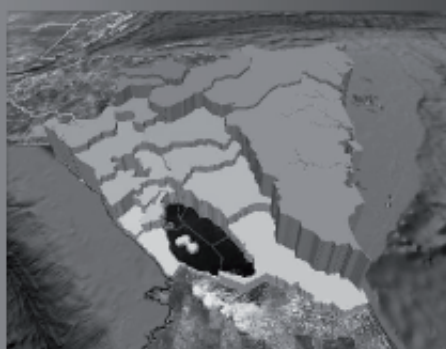
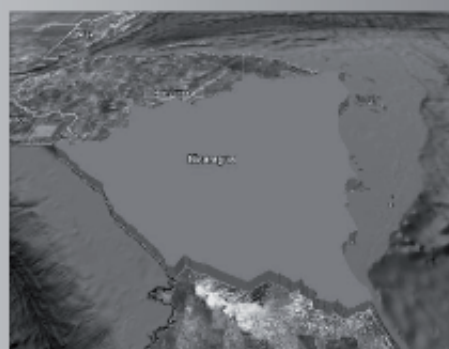
Edificio SINAPRED, Rotonda Colón 100 metros al Norte, frente a Avenida Bolívar

Managua, Nicaragua.

[www.sinapred.gob.ni](http://www.sinapred.gob.ni)

Fax: (505)-2280-9037

Impreso en los talleres gráficos de:



# **AMENAZAS Y RIESGOS NATURALES DE NICARAGUA**

**COMPENDIO DE MAPAS**





# Tabla de contenidos

<b>Capítulo 1: Midiendo lo inmedible</b>	<b>1</b>
Introducción	1
¿Qué es el CAPRA?	2
Análisis probabilista del riesgo	3
Gestión del riesgo	8
<b>Capítulo 2: Características geográficas de Nicaragua</b>	<b>11</b>
Información general	11
Relieve	14
Geología	16
<b>Capítulo 3: Las amenazas por fenómenos geodinámicos</b>	<b>19</b>
Amenaza sísmica	19
Amenaza tsunamigénica	39
Amenaza volcánica	46
Amenaza por deslizamientos	51
<b>Capítulo 4: Las amenazas por fenómenos hidrometeorológicos</b>	<b>61</b>
Amenaza por huracán	61
Lluvias intensas	77
Amenaza por inundación	80

Capítulo 5: Un territorio expuesto y vulnerable	89
Población	89
Modelando los elementos expuestos	92
Capítulo 6: Evaluando el riesgo: A nivel Nacional	107
Procedimiento para el análisis del riesgo	107
Resultados a nivel nacional	108
Evaluación holística del riesgo	117
Índice de Déficit por Desastre	121
Capítulo 7: Evaluando el riesgo: A nivel Local	123
Riesgo sísmico de Managua	123
Riesgo tsunamigénico en San Juan del Sur	130
Riesgo por huracán en Bluefields	138
Riesgo por huracán en Corinto	146
Glosario	155
Referencias	161



# Figuras

· Figura 1: Esquema del análisis probabilista del riesgo	3
· Figura 2: Localización de Nicaragua	11
· Figura 3: Placas tectónicas y sus movimientos	19
· Figura 4: Tipos de falla	20
· Figura 5: Tipos de onda	21
· Figura 6: Acelerogramas del sismo de Managua, 1972	22
· Figura 7: Intensidad para sismo de Managua, 1972	25
· Figura 8: Intensidad para sismo en zona de subducción de la Costa Pacífica	26
· Figura 9: Formación de tsunamis	39
· Figura 10: Vista aérea antes y después del tsunami de Indonesia en Banda Aceh	40
· Figura 11: Volcán Cerro Negro caída de cenizas	49
· Figura 12: Volcán Concepción caída de cenizas	49
· Figura 13: Volcán Cerro Negro flujos piroclásticos	49
· Figura 14: Volcán Concepción flujos piroclásticos	49
· Figura 15: Volcán Cerro Negro flujo de lava	49
· Figura 16: Volcán Concepción flujo de lava	49
· Figura 17: Volcán San Cristóbal caída de cenizas	50
· Figura 18: Volcán Momotombo caída de cenizas	50
· Figura 19: Volcán San Cristóbal flujos piroclásticos	50
· Figura 20: Volcán Momotombo flujos piroclásticos	50
· Figura 21: Volcán San Cristóbal flujo de lava	50
· Figura 22: Volcán Momotombo flujo de lava	50
· Figura 23: Tipos de deslizamiento	52
· Figura 24: Esquema de formación de huracanes	62
· Figura 25: Precipitación media por zonas en Nicaragua	78
· Figura 26: Curvas PDAF cuenca San Juan para diferentes periodos de retorno	78
· Figura 27: Resultados obtenidos del coeficiente de agravamiento por departamentos	119
· Figura 28: Mapa de resultados obtenidos por rangos de riesgo para el coeficiente de agravamiento	119
· Figura 29: Resultados obtenidos del índice de riesgo total por departamentos	120
· Figura 30: Mapa de resultados obtenidos por rangos de riesgo para el índice de riesgo total	120
· Figura 31: Resultados del IDGDC y del IDDEMC para diferentes periodos de retorno	122
· Figura 32: Pérdida anual esperada por sistema estructural	125
· Figura 33: Curva de excedencia de pérdidas	135
· Figura 34: Vista de predios de San Juan del Sur	131
· Figura 35: Curva de excedencia de pérdidas	132
· Figura 36: Vista de predios de Bluefields	139
· Figura 37: Curva de excedencia de pérdidas	140
· Figura 38: Vista de predios de Corinto	147
· Figura 39: Curva de excedencia de pérdidas	148



# Tablas

· Tabla 1: Parámetros de movimiento fuerte y característica que mide	22
· Tabla 2: Índice de explosividad volcánica (IEV)	47
· Tabla 3: Categorías de ciclones tropicales	62
· Tabla 4: Valores expuestos y resultados de pérdidas probables	125
· Tabla 5: Medidas probabilistas del riesgo	132
· Tabla 6: Medidas probabilistas del riesgo	140
· Tabla 7: Medidas probabilistas del riesgo	148





# Mapas

· Mapa 1: División departamental de Nicaragua	12
· Mapa 2: División municipal de Nicaragua	13
· Mapa 3: Mapa de relieve de Nicaragua	15
· Mapa 4: Mapa geológico de Nicaragua	17
· Mapa 5: Sismicidad histórica de Nicaragua	24
· Mapa 6: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 0 seg, período de retorno 200 años	27
· Mapa 7: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 0 seg, período de retorno 500 años	28
· Mapa 8: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 0 seg, período de retorno 1000 años	29
· Mapa 9: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 0 seg, período de retorno 2500 años	30
· Mapa 10: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 0,5 seg, período de retorno 200 años	31
· Mapa 11: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 0,5 seg, período de retorno 500 años	32
· Mapa 12: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 0,5 seg, período de retorno 1000 años	33
· Mapa 13: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 0,5 seg, período de retorno 2500 años	34
· Mapa 14: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 1,0 seg, período de retorno 200 años	35
· Mapa 15: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 1,0 seg, período de retorno 500 años	36
· Mapa 16: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 1,0 seg, período de retorno 1000 años	37
· Mapa 17: Amenaza sísmica. Periodo de vibración 1,0 seg, período de retorno 2500 años	38
· Mapa 18: Amenaza tsunamigénica, período de retorno 50 años	42
· Mapa 19: Amenaza tsunamigénica, período de retorno 100 años	43
· Mapa 20: Amenaza tsunamigénica, período de retorno 500 años	44
· Mapa 21: Amenaza tsunamigénica, período de retorno 1000 años	45
· Mapa 22: Ecosistemas de Nicaragua	54
· Mapa 23: Vocación de uso del suelo	55
· Mapa 24: Factor de inseguridad, método falla plana condiciones secas	56
· Mapa 25: Factor de inseguridad, método falla plana condiciones saturadas	57
· Mapa 26: Factor de inseguridad, método Mora-Vahrson condiciones secas	58
· Mapa 27: Factor de inseguridad, método Mora-Vahrson condiciones saturadas	59
· Mapa 28: Velocidad del viento, período de retorno 50 años	65
· Mapa 29: Velocidad del viento, período de retorno 100 años	66
· Mapa 30: Velocidad del viento, período de retorno 500 años	67
· Mapa 31: Velocidad del viento, período de retorno 1000 años	68
· Mapa 32: Lluvia por huracán, período de retorno 50 años	69
· Mapa 33: Lluvia por huracán, período de retorno 100 años	70
· Mapa 34: Lluvia por huracán, período de retorno 500 años	71
· Mapa 35: Lluvia por huracán, período de retorno 1000 años	72
· Mapa 36: Marea de tormenta, Costa Atlántica, período de retorno 200 años	73
· Mapa 37: Marea de tormenta, Costa Atlántica, período de retorno 500 años	74
· Mapa 38: Marea de tormenta, Costa Atlántica, período de retorno 1000 años	75
· Mapa 39: Marea de tormenta, Costa Atlántica, período de retorno 2500 años	76

. Mapa 40: Precipitación media anual	79
. Mapa 41: Cuencas hídricas de Nicaragua	84
. Mapa 42: Inundación por lluvia intensa, Cuenca del Río San Juan, período de retorno 50 años	85
. Mapa 43: Inundación por lluvia intensa, Cuenca del Río San Juan, período de retorno 100 años	86
. Mapa 44: Inundación por lluvia intensa, Cuenca del Río San Juan, período de retorno 500 años	87
. Mapa 45: Inundación por lluvia intensa, Cuenca del Río San Juan, período de retorno 1000 años	88
. Mapa 46: Distribución de la población	90
. Mapa 47: Densidad poblacional	91
. Mapa 48: Vías principales y puentes	95
. Mapa 49: Vías secundarias	96
. Mapa 50: Caminos	97
. Mapa 51: Vías férreas	98
. Mapa 52: Puertos y aeropuertos principales	99
. Mapa 53: Localización de escuelas	100
. Mapa 54: Localización de hospitales	101
. Mapa 55: Área construida	102
. Mapa 56: Valor expuesto de las construcciones	103
. Mapa 57: Valor expuesto total	104
. Mapa 58: Valor expuesto de infraestructura a nivel local	105
. Mapa 59: Valor expuesto de infraestructura a nivel nacional	106
. Mapa 60: Pérdida anual esperada por terremoto a nivel municipal (valor)	109
. Mapa 61: Pérdida anual esperada por terremoto a nivel municipal (‰)	110
. Mapa 62: Pérdida máxima probable por terremoto a nivel municipal (valor)	111
. Mapa 63: Pérdida máxima probable por terremoto a nivel municipal (‰)	112
. Mapa 64: Pérdida anual esperada por vientos huracanados a nivel municipal (valor)	113
. Mapa 65: Pérdida anual esperada por vientos huracanados a nivel municipal (‰)	114
. Mapa 66: Pérdida máxima probable por vientos huracanados a nivel municipal (valor)	115
. Mapa 67: Pérdida máxima probable por vientos huracanados a nivel municipal (‰)	116
. Mapa 68: Pérdidas esperadas por barrio, periodo de retorno: 100 años	127
. Mapa 69: Pérdidas esperadas por barrio, periodo de retorno: 500 años	127
. Mapa 70: Escenario de número de edificaciones afectadas por barrio	128
. Mapa 71: Escenario de número de heridos por barrio	128
. Mapa 72: Escenario de pérdidas económicas por barrio	129
. Mapa 73: Pérdida anual esperada por tsunami (valor)	134
. Mapa 74: Pérdida anual esperada por tsunami (‰)	135
. Mapa 75: Pérdidas humanas por tsunami (número de personas)	136
. Mapa 76: Pérdida relativa humana por tsunami (‰)	137
. Mapa 77: Pérdida anual esperada por viento huracanado (valor)	142
. Mapa 78: Pérdida anual esperada por viento huracanado (‰)	143
. Mapa 79: Pérdida anual esperada por marea de tormenta (valor)	144
. Mapa 80: Pérdida anual esperada por marea de tormenta (‰)	145
. Mapa 81: Pérdida anual esperada por viento huracanado (valor)	150
. Mapa 82: Pérdida anual esperada por viento huracanado (‰)	151
. Mapa 83: Pérdida anual esperada por marea de tormenta (valor)	152
. Mapa 84: Pérdida anual esperada por marea de tormenta (‰)	153

## LIMITACIÓN DE RESPONSABILIDADES

Los resultados y mapas que aquí se presentan son de carácter ilustrativo y presentan limitaciones de uso debido al nivel de resolución de la información disponible, de lo cual debe ser consciente el lector de este compendio para efectos de poder dar un uso adecuado y consistente a los resultados obtenidos teniendo en cuenta el tipo de análisis realizado, el tipo y calidad de datos empleados, el nivel de resolución y precisión utilizado y la interpretación realizada. En consecuencia es importante señalar lo siguiente:

- Los modelos utilizados en los análisis tienen simplificaciones y supuestos para facilitar el cálculo que el lector debe conocer debidamente. Estas están descritas en detalle en los informes técnicos respectivos del proyecto CAPRA (ver referencias).
- Los análisis se han desarrollado con la mejor información disponible que presenta limitaciones en su confiabilidad y su grado de actualización. Es posible que exista información mejor y más completa a la cual no se tuvo acceso.
- La información utilizada y los resultados de los análisis de amenaza, exposición y riesgo tienen asociado un nivel de resolución según las unidades de análisis utilizadas, lo que se explica en el documento descriptivo de cada ejemplo.
- El uso que el lector le dé a la información no compromete a los autores de los estudios realizados, quienes presentan ejemplos como lo que puede ser factible de hacer si se cuenta con información confiable con la precisión adecuada.
- Es responsabilidad del lector comprender el tipo de modelo utilizado y sus limitaciones, la resolución y calidad de los datos, las limitaciones y suposiciones de los análisis y la interpretación realizada con el fin de darle a estos resultados un uso adecuado y consistente. Detalles de los modelos se encuentran en la literatura técnica de los informes disponibles del proyecto CAPRA (ver referencias).
- Ni los desarrolladores del software, ni los promotores o financiadores del proyecto, ni los contratistas o subcontratistas que participaron en el desarrollo de las aplicaciones o ejemplos de uso de los modelos asumen ninguna responsabilidad por la utilización inapropiada que el lector le dé a los resultados que aquí se presentan, por lo tanto están libres de responsabilidad por las pérdidas, daños, perjuicios o efectos que pueda derivarse por la utilización o interpretación de estos ejemplos demostrativos.





# Midiendo lo inmedible: El riesgo de desastre

## Introducción

Los impactos socioeconómicos sufridos durante las últimas décadas como resultado de la ocurrencia de fenómenos naturales son un indicativo de la alta vulnerabilidad que presentan los asentamientos humanos de los países de la región centroamericana, dentro de los cuales uno de los más afectados ha sido Nicaragua. De igual forma, este potencial de desastre da cuenta de las acciones de protección social y financiera que se deben implementar para enfrentar las pérdidas económicas asociadas; no sólo referidas a las pérdidas directas sino también a la disminución en la productividad y, en general, al impacto indirecto que se deriva.

En general, la vulnerabilidad ante fenómenos naturales se ha incrementado notablemente debido a diferentes factores como el crecimiento poblacional, la pobreza, la falta de resiliencia y de gobernanza, la expansión de los grandes centros urbanos y el desarrollo de proyectos de infraestructura sin las debidas medidas de seguridad. Actualmente, el número de activos expuestos en las regiones que pueden ser afectadas por una amplia variedad de fenómenos naturales peligrosos es cada vez mayor. Adicionalmente, en algunos casos, el alto nivel de migración de la población por diversos problemas sociales, el desempleo, la violencia, la inseguridad de diferentes tipos y otros factores eco-sociales obligan la ocupación de terrenos cada vez menos adecuados para ser habitados. En otras palabras, aparte de aumentar la vulnerabilidad está aumentando la exposición en condiciones no deseables generando un aumento considerable en los niveles de riesgo.

A pesar del entendimiento que se tiene a nivel internacional en relación con el impacto económico y social de los fenómenos naturales y socio-naturales —como el cambio climático—, la incorporación formalmente del riesgo de desastre en los procesos de planificación del desarrollo ha sido hasta ahora muy tímida y en el mejor de los casos incipiente. Aunque en la mayoría de los países, por ejemplo de la región centroamericana, se incluyen en sus presupuestos algunas partidas, principalmente para la preparación y atención de emergencias, y en algunos casos se hacen esfuerzos para orientar recursos hacia actividades de planificación referidas a la mitigación del riesgo, en muchos de ellos no se contabilizan las pérdidas en términos probabilistas por sucesos naturales como un componente permanente de su proceso presupuestario. Ahora bien, si no se contabilizan las pérdidas contingentes potenciales se carece de la información necesaria para considerar y evaluar alternativas para reducir o financiar dichas pérdidas. Como consecuencia, las políticas encaminadas hacia la reducción del riesgo siguen sin recibir realmente la atención que requieren.

El hecho de no contar con modelos adecuados que permitan cuantificar el riesgo en términos objetivos trae consigo una serie de implicaciones importantes: la más obvia es que al no valorar el riesgo a causa de amenazas naturales se limita la capacidad del país para evaluar que tan deseables son las herramientas de planeamiento para hacer frente a dicho riesgo. Estas herramientas requieren que el riesgo esté razonablemente cuantificado como una condición previa a su utilización. Si bien es posible adoptar decisiones de política con cierto tipo de aproximaciones o sin estimaciones probabilistas, el hecho de no cuantificar el riesgo cuando es posible hacerlo con técnicas apropiadas limita el proceso de toma de decisiones desde la perspectiva de la planificación física, la reducción y la financiación del riesgo. Si las pérdidas futuras no son un componente del proceso de planificación e inversión del país,

es casi imposible mantener recursos presupuestarios para reducir dichos pérdidas potenciales. La falta de estimaciones probabilistas del riesgo de desastre tiene serias implicaciones donde se destacan al menos dos que son muy importantes: Primero, no se planifica por adelantado el costo de las futuras reconstrucciones y, segundo, que es la más importante, se pierde el principal incentivo para promover la intervención del riesgo; es decir la mitigación, la prevención y la transferencia de dicho riesgo.

Muchas aplicaciones y proyectos recientes se han centrado en la evaluación de la amenaza en términos estadísticos haciendo referencia a la frecuencia de ocurrencia de diferentes niveles de fenómenos tales como sismos, tsunamis, huracanes, inundaciones, deslizamientos y de fenómenos volcánicos entre otros. Por otro lado, la evaluación de la vulnerabilidad se ha centrado principalmente en la valoración de índices con base en el número de víctimas para cada uno de los desastres. Utilizando la información disponible en ciertas bases de datos a nivel mundial se han establecido correlaciones con la información disponible sobre los eventos mismos con el fin de establecer niveles de vulnerabilidad por correlación de factores; es decir que estos índices se basan, básicamente, en correlaciones de carácter estadístico y no en evaluaciones actuariales y físicas obtenidas de la asociación entre el grado de amenaza, la exposición y la vulnerabilidad, con los cuales se pueden establecer métricas más apropiadas para dar cuenta del riesgo al que está expuesta cada zona de una región o un país.

Con el fin de contribuir a corregir esta situación se ha concebido la plataforma CAPRA (Central America Probabilistic Risk Assessment), que en realidad es el núcleo de una estrategia centroamericana para fortalecer y consolidar un proceso técnico-científico idóneo, versátil y efectivo de evaluación de riesgos con fines de avanzar en el conocimiento y la toma de decisiones. CAPRA es la base científica y tecnológica de un proceso estratégico de identificación y evaluación del riesgo que se deriva de las principales amenazas o peligros naturales que pueden afectar la región. Es una iniciativa resultado del interés, la voluntad expresa y las prioridades de los países centroamericanos en el marco interinstitucional del CEPREDENAC. El proyecto se desarrolla con el apoyo del Banco Mundial, el Banco Inter-Americano de Desarrollo y la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas.

Utilizando el CAPRA se ha desarrollado este compendio de resultados de amenaza y riesgo como ilustración de los estudios y evaluaciones que se pueden seguir realizando y actualizando en el futuro en Nicaragua y en toda la región centroamericana. El primer beneficio que se deriva de este esfuerzo interinstitucional del SINAPRED es la evaluación del riesgo de desastre con métricas probabilistas y técnicas avanzadas, lo que facilita la identificación de estrategias eficaces para reducir los distintos segmentos y estratos de riesgo y la implementación de acciones de retención, mitigación, reglamentación, transferencia y aceptabilidad del riesgo acordes con lo factible en términos de inversión pública y la optimización de los recursos.

## ¿Qué es el CAPRA?

El propósito general del CAPRA es el desarrollo técnico-científico e informático de una serie de herramientas computacionales de código y arquitectura abierta para la evaluación del riesgo de desastre que se deriva de las amenazas naturales que pueden afectar el territorio en diferentes niveles espaciales. Su concepción está orientada a facilitar la toma de decisiones en el marco de la gestión integral del riesgo, asociadas con la inversión pública en prevención-mitigación de riesgo, el análisis beneficio-costos de dichas inversiones, la incorporación del riesgo en el ordenamiento territorial, el desarrollo de indicadores de riesgo, el diseño de mecanismos retención y transferencia de riesgos con fines de protección financiera, el desarrollo de sistemas de alerta frente a desastres y la preparación para la respuesta a emergencias, entre otros.

CAPRA es un instrumento para el correcto entendimiento, comunicación y gestión del riesgo haciendo uso de metodologías avanzadas para la evaluación de riesgos de origen natural e involucrando a la vez tecnologías computacionales y de información para la socialización de las amenazas naturales y sus posibles efectos. Esta plataforma de modelación del riesgo ofrece los beneficios de un Sistema de Información Geográfica (SIG) orientado a la visualización de amenazas y riesgos, con la posibilidad de utilización de recursos de trabajo en línea y que está diseñado para fomentar la colaboración y el apoyo de la comunidad que se dedica a la gestión del riesgo de desastres.

CAPRA es un espacio abierto en el que los usuarios pueden compartir información, experiencias y las herramientas con las que se trabaja en forma cotidiana que facilita que los usuarios puedan ajustar, actualizar, mejorar o desarrollar sus propios

módulos de software con el fin de mejorar su funcionalidad y lograr que con el pasar del tiempo sea un instrumento vivo en el cual los aportes provengan de múltiples interesados, como profesores e investigadores universitarios, funcionarios de las instituciones competentes, consultores, etc.. De esta forma CAPRA contribuye al desarrollo sostenible mediante el apoyo de una estrategia regional e integral que fomenta la evaluación del riesgo de desastres y la toma de decisiones sobre la gestión del riesgo.

Las metodologías del CAPRA están basadas en evaluaciones probabilistas de las amenazas y el riesgo de desastre, midiendo tanto la frecuencia como la severidad de los eventos. La información sobre múltiples amenazas, los datos sobre exposición de bienes y la vulnerabilidad existente se procesa para generar una evaluación exhaustiva y completa del riesgo. El producto principal del primer uso del CAPRA en el país es un compendio de mapas de amenaza y estimaciones de riesgo que facilitan a especialistas y tomadores de decisiones información que puede ser útil para la gestión de riesgo de desastres y un punto de partida para la realización más detallada y cuidadosa de evaluaciones de amenaza y riesgo una vez que se tenga mejor información con una mayor resolución y precisión.

Los mapas que se presentan en este documento han sido realizados a partir de las diferentes herramientas del CAPRA. Toda la información utilizada para la elaboración de los mapas presentados en este documento se encuentra disponible en [www.ecapra.org](http://www.ecapra.org)

## Análisis probabilista del riesgo

De manera general en la mayoría de los casos se cuenta con una limitada cantidad de datos e información histórica acerca de eventos catastróficos o extremos, debido a la baja ocurrencia de este tipo de eventos. Considerando la posibilidad de que se presenten eventos futuros altamente destructivos, la estimación del riesgo debe enfocarse con modelos probabilistas que permitan emplear la escasa información disponible para predecir posibles escenarios catastróficos dando cuenta de la incertidumbre asociada no sólo por la falta de completitud de la información sino también a la naturaleza del fenómeno y los supuestos considerados en la modelación. En consecuencia, no sólo los especialistas que evalúan el riesgo sino también los interesados en las aplicaciones y acciones que se derivan deben ser conscientes que este tipo de análisis es de tipo prospectivo en el cual se pueden anticipar eventos cuya ocurrencia es científicamente factible en el futuro pero en la cual existen incertidumbres asociadas a la estimación de la severidad y la frecuencia. La figura 1 presenta un esquema general del modelo probabilista de evaluación del riesgo y algunos de los posibles usos o propósitos del mismo.

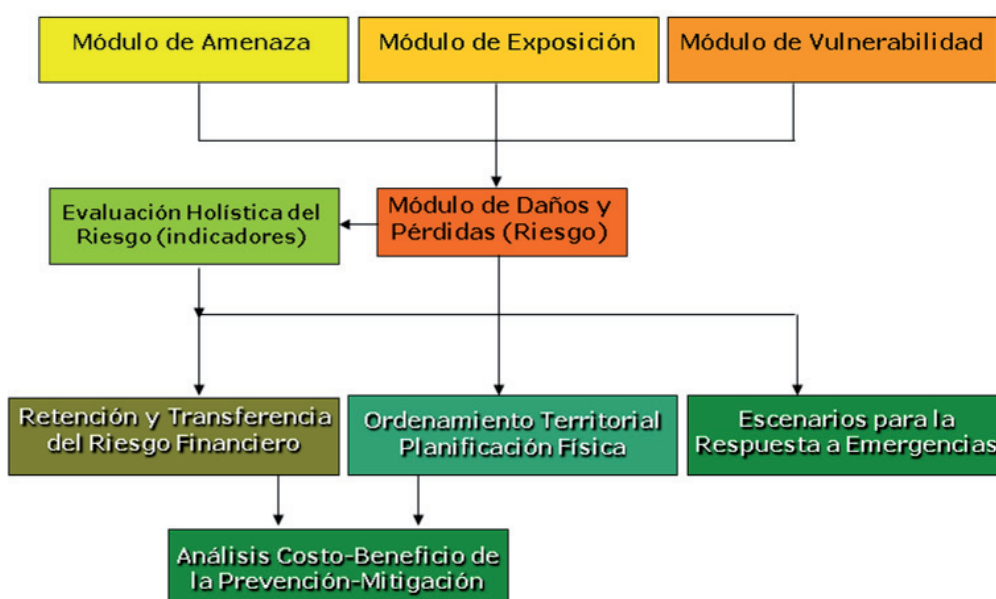


Figura 1 Esquema del análisis probabilista del riesgo

## Evaluación de amenazas

La identificación y evaluación de las amenazas que pueden afectar una región constituye el primer paso del análisis de riesgo pro además es información que por sí misma es de especial relevancia, por ejemplo para las medidas prospectivas de mitigación. El conocimiento de las características del entorno en el cual ocurren eventos peligrosos, así como los registros y descripciones de eventos históricos importantes, proveen una primera idea del potencial destructivo de las amenazas que existen en la región y permiten conocer anticipadamente, de manera aproximada, los periodos de retorno o la recurrencia de los eventos más importantes.

La amenaza asociada con un fenómeno natural se mide mediante la frecuencia de ocurrencia y la severidad medida mediante algún parámetro de intensidad del peligro determinado en una ubicación geográfica específica. El análisis de amenaza está basado en la frecuencia histórica de eventos y en la severidad de cada uno de ellos. Una vez se definen los parámetros de amenaza, es necesario generar un conjunto de eventos estocásticos que definen la frecuencia y severidad de miles de eventos, representando así los parámetros principales de la amenaza en la región. El análisis de amenaza permite obtener valores de los parámetros de intensidad que caracterizan cada fenómeno y para cada uno de los eventos estocásticos planteados.

Los avances actuales en el desarrollo y presentación de la información geográfica y geo-referenciada facilitan la presentación de la distribución espacial de intensidades asociadas a los fenómenos naturales estudiados. El manejo de este tipo de información por medio de capas en formato raster, permite la automatización de los procesos de cálculo de riesgo, así como una comunicación simple y ágil de resultados.

La evaluación de las amenazas se hace en términos de las intensidades asociadas a la capacidad destructiva de los eventos peligrosos. De esta manera los modelos probabilistas de evaluación se basan en la definición de escenarios particulares de eventos de diferente magnitud, caracterizados por una frecuencia de ocurrencia específica, que corresponde con las tendencias históricas observadas de recurrencia de la amenaza bajo análisis.

El resultado de la evaluación de la amenaza es una base de datos que contiene un conjunto de eventos estocásticos, característicos de cada amenaza, mutuamente excluyentes y colectivamente exhaustivos, que corresponden a todos los posibles escenarios de amenaza que pueden presentarse en el territorio considerado.

## Caracterización de la exposición

La exposición se refiere a los elementos expuestos en el área de influencia de las posibles amenazas consideradas. En general son los componentes de infraestructura, la población y su contexto que pueden ser afectados por un evento determinado. Para realizar la caracterización de la exposición física es necesario identificar los diferentes componentes individuales incluyendo su ubicación geográfica, sus características geométricas, su vulnerabilidad ante el evento peligroso, su valoración económica y el grado de ocupación que puede llegar a tener.

Los valores de exposición de bienes en riesgo se estiman a partir de fuentes de información secundaria como bases de datos existentes, o pueden ser derivados por medio de procedimientos simplificados basados en información social y económica general, como población, densidad poblacional, estadísticas de construcción, estrato socio-económico, entre otros. Los modelos simplificados de exposición se utilizan cuando la información específica activo por activo no se encuentra disponible. Con base en la información disponible, se crea una base de datos de exposición, construida de manera geo-referenciada, donde se incluye toda la información específica requerida para el análisis. Se pueden incluir parámetros adicionales con alto nivel de detalle a la base de datos, para mejorar la confiabilidad general de los resultados.

Por otro lado pueden utilizarse una serie de herramientas útiles para levantar información a partir de imágenes satelitales, fotografías aéreas o directamente mediante visitas de campo. Estas herramientas permiten conformar bases de datos geo-referenciadas con algunas características básicas, como tipo constructivos, área y número de pisos de los edificios, lo cual puede luego complementarse con estadísticas de la zona, con zonificaciones previas de los tipos constructivos en la ciudad o mediante



observaciones directas de campo. Este es un aspecto de mucho desarrollo en la actualidad en el cual sistemas como el Google Earth® y dispositivos móviles con GPS, con capacidades para tomar fotografías y que permiten la conexión por Internet facilitan la construcción de bases de datos de exposición de alta confiabilidad y bajo costo relativo.

Adicionalmente a lo anterior y con el fin de estimar los efectos sobre la población se puede definir un grado de ocupación en cada uno de los componentes que forman la base de datos de exposición. La ocupación máxima y el porcentaje de ocupación a diferentes horas del día se definen con el fin de realizar análisis para diferentes situaciones particulares de ocupación, como puede ser una ocupación típica diurna, una nocturna o cualquier otra que se pueda definir. Cuando no se cuenta con información específica sobre ocupación, se pueden emplear aproximaciones basadas en la densidad de ocupación para determinados tipos constructivos.

## Clasificación general de activos y valoración

El análisis debe, en general, incluir todos los activos físicos sujetos a riesgo por cuenta de cualquiera de las amenazas mencionadas. Dentro de los activos se incluyen usualmente las obras de infraestructura principales:

- Edificaciones en las poblaciones principales
- Instalaciones industriales importantes
- Vías y Puentes
- Sistema eléctrico incluyendo generación, subestaciones y transmisión
- Sistema de comunicaciones
- Sistemas de tuberías importantes
- Obras de infraestructura relevantes

Se conforma una base de datos la cual debe incluir información relacionada con el tipo de activo, su localización y parámetros de valoración. Para la conformación de la base de datos se utilizan las siguientes fuentes de información según la disponibilidad de las mismas:

- Bases de datos de edificaciones a nivel de ciudades.
- Información de sensores remotos.
- Estadísticas demográficas y económicas.
- Algoritmos para asignación de información según índices, tendencias y estadísticas de información.

Para construir bases de datos de edificaciones se requiere idealmente la información disponible a nivel catastral o de censos recientes de las construcciones. Considerando que la información disponible rara vez incluye todos los datos relevantes requeridos para un análisis de riesgo, usualmente se aplican algoritmos que según ciertos datos y valoraciones indirectas permiten complementar y ajustar la información, con el fin de que la base de datos sea completa y consistente.

## Bases de datos de componentes de infraestructura

El inventario de elementos expuestos aparte de los edificios en lo posible debe incluir también información relevante de otros componentes entre los cuales se pueden nombrar los siguientes:

- Tuberías, oleoductos y gasoductos
- Subestaciones del sistema de gasoductos y oleoductos
- Vías principales y secundarias divididas en tramos uniformes
- Puentes
- Túneles
- Presas y embalses
- Proyectos hidroeléctricos
- Centros industriales importantes

- Subestaciones eléctricas
- Líneas de transmisión eléctricas
- Subestaciones de comunicaciones
- Torres importantes
- Estaciones pluviométricas
- Instalaciones industriales importantes tales como refinerías, centrales termoeléctricas, subestaciones

Para la modelación de este tipo de componentes se utilizan normalmente analogías con otros componentes similares ya modelados y se realiza una descomposición de los elementos característicos que componen una instalación determinada. Por ejemplo un proyecto típico de generación hidroeléctrica incluye una presa, túneles, tuberías de conducción y de carga, subestación eléctrica, cuarto de máquinas y tubería de descarga.

## Ajuste de la valoración de activos

Una vez realizada la valoración de cada uno de los componentes individuales de infraestructura se deben realizar verificaciones de los valores en riesgo con base en índices económicos generales. Para el efecto se utilizan parámetros tales como indicadores de valores per cápita o normalizados con el PIB del país o región, el stock de capital, valoración general de obras de infraestructura para efectos de seguros y otros.

La valoración incluye tanto el valor del bien como tal (elementos estructurales y no estructurales principales) como la valoración de contenidos susceptibles al daño. Por ejemplo para el caso de inundaciones normalmente los daños están asociados a los contenidos y a una porción de la estructura que requiere reparación y mantenimiento después de ocurrido el desastre.

## Caracterización de la vulnerabilidad

La caracterización de la vulnerabilidad se realiza mediante la generación de curvas o funciones que relacionan el nivel de daño de cada componente con la intensidad de la amenaza. Una función de vulnerabilidad debe estimarse para cada uno de los tipos constructivos característicos, de manera que puedan asignarse a cada uno de los componentes de la base de datos de exposición. Mediante las funciones de vulnerabilidad asignadas es posible cuantificar el daño o los efectos que se pueden producir en cada uno de los activos en caso de presentarse un evento determinado, caracterizado por alguno de los parámetros de intensidad. Cada función de vulnerabilidad está caracterizada por un valor medio y una varianza con lo cual es posible estimar su función de probabilidad respectiva.

## Descripción de tipos constructivos

**Tugurio-Ripio:** Es una tipología propia de asentamientos de extrema pobreza, donde se utiliza cualquier tipo de material de desecho para construir las viviendas, generalmente son edificaciones de un piso con altura inferior a 3.00m. No presenta un sistema estructural definido, por lo tanto posee un comportamiento impredecible.

**Adobe:** Son edificaciones antiguas de máximo dos pisos, en las cuales la estructura principal está conformada por muros en bloques de arcilla cocidos al sol, unidos con barro, sin elementos de liga. La cubierta generalmente son vigas de madera apoyadas en largueros o directamente sobre los muros, sobre las cuales descansa una estructura en caña que sirve de apoyo a tejas de arcilla cocidas, en algunos casos pueden observarse cubiertas livianas en otros materiales. Para las edificaciones de dos pisos en la mayoría de los casos el entrepiso es madera y se comporta como diafragma flexible. Las edificaciones de adobe corresponden en general a edificaciones con relativa alta vulnerabilidad sísmica. Esto significa que es de esperarse daño estructural importante para niveles de aceleración relativamente bajos. Para este tipo de construcciones la falla del sistema normalmente ocurre por colapso parcial o total en dirección perpendicular a los muros y por pérdida de apoyo de los elementos de cubierta. En la actualidad no se construye con este tipo de material.

**Bahareque:** Es un sistema estructural de muros conformados por un esqueleto en madera o bambú cubierto con un revoque de mortero de barro que puede apoyarse en una esterilla de bambú o madera entrelazada con soga y/o alambre. El espacio entre las esterillas se rellena con piedras, barro, residuos de teja o piedras en conjunto con un mortero a base de cal y lodo. Generalmente son estructuras de máximo 2 pisos con altura de entrepiso de aproximadamente 3.00m. Las cubiertas consisten en esterillas de madera o caña apoyadas en vigas de madera que soportan cubiertas livianas y/o tejas de barro. Se pueden encontrar en antiguos barrios de Managua aunque en la actualidad no se emplea este tipo de construcción.

**Muros de madera:** Es una tipología en la que predomina la madera como elemento estructural principal, están conformados un esqueleto en madera cubierto con laminas de madera, aunque en algunos casos pueden ser laminas de otro material. Las edificaciones de madera corresponden en general a edificaciones de uno o dos pisos con entrepiso de diafragma flexible conformado por vigas de madera o acero y losa en madera. La cubierta generalmente es una cubierta ligera conformada por vigas de acero o madera y lamina de zinc. Se encuentra principalmente en zonas suburbanas, barrios antiguos y asentamientos. En la actualidad se emplea muy rara vez.

**Mampostería confinada:** Es la mampostería que se realiza con elementos de concreto reforzado (columnas de amarre, vigas) en su perímetro construidos luego de la construcción de un muro de mampostería simple, a modo de refuerzo. La cubierta en la mayoría de los casos es una cubierta liviana pero también se observan cubiertas en placa de concreto. Las placas de entrepiso en la mayoría de los casos está conformada por entrepisos flexibles de vigas de madera o acero y losa de madera.

**Muros en concreto prefabricado:** Es un sistema de muros estructurales prefabricados en concreto sobre los cuales se apoyan placas prefabricadas también de concreto. Se encuentran estructuras de 1 o 2 niveles con cubiertas ligeras. En estructuras de 2 niveles el diafragma de entrepiso se idealiza como diafragma flexible.

**Pórticos en concreto resistentes a momento:** Este sistema estructural está conformado por vigas y columnas en concreto unidas monolíticamente. Se pueden observar en edificaciones de uno o mas pisos, en cuyo caso las placas de entrepiso son en concreto y las cubiertas que pueden ser ligeras, pesadas o losas de concreto. El comportamiento de las construcciones de pórticos de concreto reforzado se caracteriza por la flexibilidad asociada a la disposición de los elementos que la conforman sin tener algún tipo de contravientos o riostras. Estas edificaciones son en general de vulnerabilidad intermedia

**Pórticos de acero resistentes a momento sin arriostramiento:** Estructuras cuyo sistema estructural principal es a base de pórticos de acero conformados por vigas y columnas resistentes a momento sin arriostramiento, En algunos casos estos pórticos se rellenan con muros de concreto o de mampostería a manera de elementos de cerramiento.

## Riesgo

Con base en los modelos de amenaza probabilistas y en el inventario y valoración de activos expuestos con sus funciones de vulnerabilidad correspondientes, se desarrolla un modelo de análisis de riesgo probabilista o modelación de pérdidas esperadas para la zona de análisis.

Para calcular las pérdidas asociadas a un evento determinado, la relación media de daño, RMD, obtenida de la función de vulnerabilidad, se convierte en pérdida económica utilizando el valor de reposición del componente. Esta operación se repite para cada uno de los activos o elementos en el inventario de activos expuestos para cada uno de los eventos analizados. Las pérdidas se van agregando, siguiendo una aritmética apropiada que permite obtener lo que se denomina una función de densidad de probabilidad. Las principales medidas del riesgo en términos económicos se describen a continuación:

**Pérdida Anual Esperada:** La PAE se calcula como la suma del producto entre las pérdidas esperadas para determinado evento y la probabilidad de ocurrencia de dicho evento en un periodo de un año, para todos los eventos estocásticos considerados. En términos probabilistas, la PAE es la esperanza matemática de la pérdida anual.

**Prima Pura de Riesgo:** La PPR corresponde al valor de la PAE dividido por el valor de reposición del activo. Indica el costo

que debe ser pagado anualmente para cubrir las pérdidas esperadas en un evento futuro.

**Curva de Excedencia de Pérdida:** La CEP representa la frecuencia anual con que determinada pérdida económica será excedida. Es la medida más importante del riesgo, dado que brinda información fundamental para la planeación y la destinación de recursos necesarios que permitan cumplir con los objetivos de la gestión del riesgo. La CEP se puede calcular a partir del mayor evento probable en un año, o de manera uniforme para todos los eventos posibles, en función de su periodo de retorno. Generalmente se prefiere el segundo enfoque, dado que permite considerar más de un evento catastrófico al año.

**Pérdida Máxima Probable (Probable Maximum Loss):** La PMP representa el valor de pérdida para una excedencia específica. Dependiendo de la capacidad y pertinencia para intervenir el riesgo, se puede optar por gestionar pérdidas hasta determinado periodo de retorno.

Por otra parte, en adición a la evaluación probabilística de las pérdidas económicas, es también relevante considerar escenarios deterministas de eventos específicos, como eventos históricos. Esto es particularmente importante en la generación de planes de respuesta y atención de emergencias y como análisis indicativo de los lugares de concentración de daños y personas afectadas.

## Gestión del riesgo

### Retención y transferencia del riesgo financiero

Los modelos de estimación de riesgo constituyen una importante y poderosa herramienta en el desarrollo de las actividades propias de las instituciones de planeación económica y financiera. El nivel de retención y de transferencia del riesgo entre cedentes y tomadores de riesgo debe definirse con base en un proceso estudiado, planeado y controlado, dado que un desastre particular puede causar insolvencia a unos u otros actores de este tipo de procesos de protección financiera. En general, los gobiernos son tomadores de riesgo consciente o inconscientemente y cuando ceden o transfieren el riesgo mediante acuerdos con tomadores de riesgo, como son las compañías de seguros y reaseguros, deben cerciorarse que hay la capacidad para tener la cobertura de pérdidas en caso de presentarse. Los modelos de riesgo son útiles de conocer que capas de pérdida deben retenerse o transferirse y determinar los instrumentos financieros más apropiados. Este tipo de análisis puede realizarse valiéndose de los resultados obtenidos del módulo de daños y pérdidas, como la pérdida máxima probable y prima pura de riesgo.

Una vez definida la responsabilidad fiscal del gobierno en caso de desastre, se pueden llevar a cabo los ejercicios de simulación que permitan determinar la estructura óptima de financiación y/o transferencia en términos de efectividad en costo. El proceso que se debe llevar a cabo en el momento de escoger la estructura financiera adecuada tiene los siguientes pasos:

- a. Mediante el modelo de evaluación del riesgo se deben calcular las probabilidades de ocurrencia de ciertos tipos de desastres y además información sobre la exposición (responsabilidades, primas, etc.) para determinar las pérdidas por desastres potenciales y establecer cuánto capital se necesitaría para financiar el riesgo en el que se está incurriendo.
- b. Comparar el costo de utilizar el capital del gobierno con el costo de asegurar, reasegurar y/o de titularizar el riesgo (utilizando los instrumentos financieros disponibles).
- c. Utilizando algoritmos de optimización, se puede determinar la combinación de capital, crédito, reaseguros y titularización que minimice su costo total de cubrir las pérdidas económicas potenciales.
- d. En este contexto, los datos que se utilizarán para calcular la parte que corresponde a la cobertura de los instrumentos financieros básicamente son por una parte la información derivada del análisis técnico de los distintos desastres (vulnerabilidad, población afectada, estimaciones de niveles de pérdidas, etc.) y por otra, datos del mercado de seguros/reaseguros y de bonos de catástrofe (tasas de rentabilidad, indicadores de transabilidad, emisores, tasa libre de riesgo, Vehículos de Propósito Especial).

A partir de esta información se pueden plantear distintas formas de financiamiento y hacer la simulación para encontrar aquella que genere el mínimo costo para el gobierno. Así el gobierno debe definir el nivel de riesgo que retiene de sus propios activos, de la infraestructura y de las poblaciones con bajos niveles de ingreso.

## Ordenamiento territorial y planeamiento físico

La planificación de usos del suelo y el ordenamiento territorial constituye una de las estrategias más importantes para orientar el desarrollo económico y social hacia metas de sostenibilidad y seguridad. La planeación del desarrollo permite constituir un imagen objetivo o un modelo de ocupación del territorio en el mediano y largo plazo, que oriente la adecuada expansión de áreas urbanas, cuencas hidrográficas, regiones o territorios en diferentes escalas espaciales.

El proceso de planeación del territorio permite incorporar criterios de reducción de riesgos, especificando condiciones sostenibles y seguras de uso y ocupación, en armonía con los objetivos ambientales, sociales y económicos de la entidad territorial correspondiente. Por tal motivo, el análisis de riesgo es uno de los insumos fundamentales para los planificadores. La previsión de los efectos adversos que los fenómenos naturales peligrosos pueden imponer sobre asentamientos humanos o elementos de infraestructura locales, permiten definir las zonas del territorio donde la ocupación y explotación es más segura. La inclusión de estos análisis en los procesos de ordenamiento territorial, derivan en la protección y mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y la protección económica, ambiental, social y política del municipio.

Las restricciones de ocupación de territorio resultantes de la incorporación de la gestión del riesgo en los planes de ordenamiento territorial deben estar pensadas de tal manera que maximicen los beneficios obtenidos por el ente territorial en el largo plazo, como conocimiento claro y detallado de las condiciones locales de amenaza, vulnerabilidad y riesgo, la zonificación de las áreas urbanizadas en términos de zonas susceptibles a sufrir efectos importantes por fenómenos naturales, la zonificación de las áreas rurales y de expansión en términos de la seguridad y sostenibilidad que pueden proveer una reglamentación clara de ocupación y uso del territorio.

## Análisis beneficio-costos de la prevención-mitigación

El análisis costo-beneficio aplicado en la estimación del riesgo constituye una herramienta sistemática para la evaluación de decisiones y políticas relacionadas con la intervención del riesgo. En general implica un procedimiento de cinco pasos:

- a. Especificar la vulnerabilidad de las construcciones que se quieren intervenir sin considerar medidas de refuerzo o mitigación. Este es usualmente el punto de referencia que permite establecer que tan benéficas son las alternativas de intervención.
- b. Determinar los costos de las medidas de mitigación. Si la financiación se hace por medio de un préstamo, se debe incluir el costo del capital. Las medidas de mitigación deben definirse en términos de costos directos de implementación y reducción de la vulnerabilidad.
- c. Determinar los beneficios esperados por la implementación de determinada medida, lo que se refleja en la reducción por ejemplo del daño estructural, la reducción en pérdidas indirectas, la reducción en la magnitud del lucro cesante asociado a la no utilización del activo, y reducción en el número de víctimas esperadas. La intervención se incluye en la base de exposición, representada por medio de un sistema estructural menos vulnerable.
- d. Calcular la relación entre el costo de la implementación de la medida y los beneficios asociados a dicha implementación. Se emplea una tasa de descuento representativa que permita convertir los beneficios y costos a valor presente neto (VPN) o relación beneficio-costos (B/C). Se considera atractiva una medida de mitigación cuando el VPN es positivo o la B/C es mayor que uno.
- e. Escoger la mejor alternativa de mitigación entre opciones mutuamente excluyentes y que normalmente corresponde a la que presente un mayor VPN, o equivalentemente una mayor B/C.

Dado que la ocurrencia de eventos naturales desastrosos es considerada de manera probabilística la relación beneficio-costos debe entenderse como una variable aleatoria. En consecuencia, su función de densidad de probabilidad debe calcularse a partir del VPN de la suma de pérdidas futuras probables, comparativamente con los beneficios esperados de la aplicación de un plan de mitigación del riesgo. En este último caso la decisión o resultado final estará asociado a un nivel de probabilidad aceptable de que la relación beneficio-costos sea mayor que uno.

## Escenarios para la respuesta a emergencias

La evaluación del riesgo para la respuesta a emergencias puede realizarse de manera determinista, identificando el peor o los peores escenarios posibles en términos de pérdidas económicas y de efectos sobre la población, en función de las amenazas que pueden ocurrir en el área urbana de análisis. Los resultados que se obtienen permiten la formulación de planes de contingencia en lo que se refiere a la rápida atención de las personas que pueden ser afectadas, la identificación de alojamiento temporales, el establecimiento de puntos de atención médica urgente, rutas de movilidad del personal de emergencias, capacidad operativa post-desastre de los sistemas públicos y de comunicaciones, inspección estructural de construcciones e infraestructura, entre otros.

Normalmente los escenarios de pérdida y riesgo se establecen para un evento determinado el cual se selecciona en función del nivel de preparación al cual se desea llegar. Como en términos generales siempre existirá una situación de desbalance entre las capacidades de las entidades a cargo de la atención de emergencias y los peores escenarios posibles de destrucción y daño que pueden llegar a presentarse, la política de preparación en el largo plazo debe incluir cada vez escenarios más exigentes.



# Características geográficas de Nicaragua

## Información general

Localizado en Centro América, Nicaragua se ubica aproximadamente entre los 10 44' y los 15 0' latitud norte y entre los 83 07' y los 87 43' de longitud al oeste del meridiano Greenwich. Lo anterior teniendo en cuenta únicamente el espacio continental. Tiene además costas tanto en el Océano Pacífico como en el Mar Caribe lo que le permite tener puertos de importancia vital para el comercio y la economía por ambos flancos.

Nicaragua limita en el norte con Honduras, en el sur con Costa Rica, en el occidente con el Océano Pacífico y en el oriente con el Mar Caribe. La frontera con Honduras tiene una extensión de 922 kms mientras que con Costa Rica tiene 309 kms. Los límites marítimos del país se extienden por 200 millas náuticas mar adentro a partir de sus costas.

Nicaragua la constituyen 15 departamentos que dependen del Gobierno Central. Cada departamento se encuentra dividido a su vez en municipios los cuales son gobernados por un alcalde y por un concejo. Además de los 15 departamentos, en 1987 se crearon dos regiones autónomas resultantes del antiguo departamento Zelaya. Las regiones autónomas se encuentran localizadas en el lado oriental del país y se conocen por el nombre de Región Autónoma Atlántico Norte (RAAN) y Región Autónoma Atlántico Sur (RAAS). Adicionalmente a lo anterior cuenta con 153 municipios.



Figura 2 Localización de Nicaragua

Mapa 1 División departamental de Nicaragua







## Relieve

El área del país es de 130 373 kilómetros cuadrados, su costado occidental consiste en valles fértiles rodeados por cadenas montañosas de alta densidad forestal. A lo largo de la costa pacífica se tiene un cinturón de 40 volcanes entre activos y durmientes. Los volcanes se encuentran rodeados planicies que se extienden desde el Golfo de Fonseca en el norte hasta Bahía Salinas en sur, planicies que a su vez se ven interrumpidas por grandes masas de agua que contienen los lagos Nicaragua, Managua y Masaya. El volcán más alto es el San Cristóbal con una altura de 1780 mts, seguido por el Concepción que tiene una altura de 1610 mts.

La geografía de Nicaragua divide la República en tres áreas: Las tierras bajas del Atlántico, donde vive la mayoría de la población, la región montañosa central y las tierras bajas del Pacífico, donde habitan los indios Miskitos. En Nicaragua se encuentran las Sierras Madres del norte con los Andes del sur; de ahí que se deje de tener una dirección paralela para tener una dirección en el sentido de los meridianos que es la misma que se presenta en los Andes. Por ser Nicaragua un país localizado en un borde de placa, los fenómenos sísmicos son frecuentes al igual que los fenómenos volcánicos.

En cuanto al relieve se pueden distinguir tres rasgos diferentes de relieve que pueden clasificarse como el sector volcánico del Pacífico, la plataforma central y los llanos del Caribe. El sector volcánico del Caribe se puede clasificar también en tres partes siendo éstas la fosa tectónica hundida, localizada entre el cordón volcánico y el centro del país dándole cabida a los dos principales lagos de Nicaragua; el cordón volcánico que va paralelo desde la península de Cosiguina hasta la isla de Ometepe. Sobre ese cordón hay 25 volcanes y además las ciudades más importantes tanto en tamaño como en importancia para el buen funcionamiento del país. Por último se tiene la franja litoral del Pacífico donde se tiene una llanura angosta que conecta el cordón volcánico con el Océano Pacífico.

La plataforma central comprende la zona montañosa del país y atraviesa el país de Sur a Norte desde Costa Rica hasta Honduras. Allí se encuentra el Pico Mogotón que es el punto de mayor elevación en altura en Nicaragua. Allí se encuentran serranías importantes como el Macizo de Peñas Blancas, el Isabelina, Dariense, Huapí y Yolaina. El llano en el Caribe va desde la plataforma central hasta la costa Atlántica. Se tienen depósitos fluviales recientes y un suelo bastante pantanoso.

Mapa 3 Mapa de relieve de Nicaragua



# Geología

Geológicamente, Nicaragua está limitada en su costa Pacífica por la zona de subducción de la placa Cocos con la placa Caribe, o fosa mesoamericana, mientras en la costa atlántica está limitada por la placa Caribe y el banco de Nicaragua. El territorio nicaragüense se encuentra dividido en cinco provincias geológicas principales (Dirección General de Geofísica, INETER):

**Provincia Geológica del Pacífico (Cuenca de Sedimentación de la Costa Pacífica):** Situada al noroeste de Nicaragua, en la depresión de la fosa mesoamericana, llegando hasta la cuenca de Limón en Costa Rica. Predomina el material de tipo marino como depósitos turbidíticos y pelágicos del cretáceo superior, así como estratigrafía de tipo clásica, volcanoclástica y nerítica, conformada por conglomerados, areniscas, limonitas, lutitas, grauvacas y calizas, intercaladas con rocas volcánicas y cenizas piroclásticas. La actividad tectónica de la zona, ha plegado los depósitos de la provincia del pacífico en un anticlinal con dirección predominante NO-SE, del cual se deriva la formación de una serie de fallas en dirección primordial perpendicular al anticlinal. El fallamiento ha permitido la intrusión de material magmático en los depósitos sedimentarios.

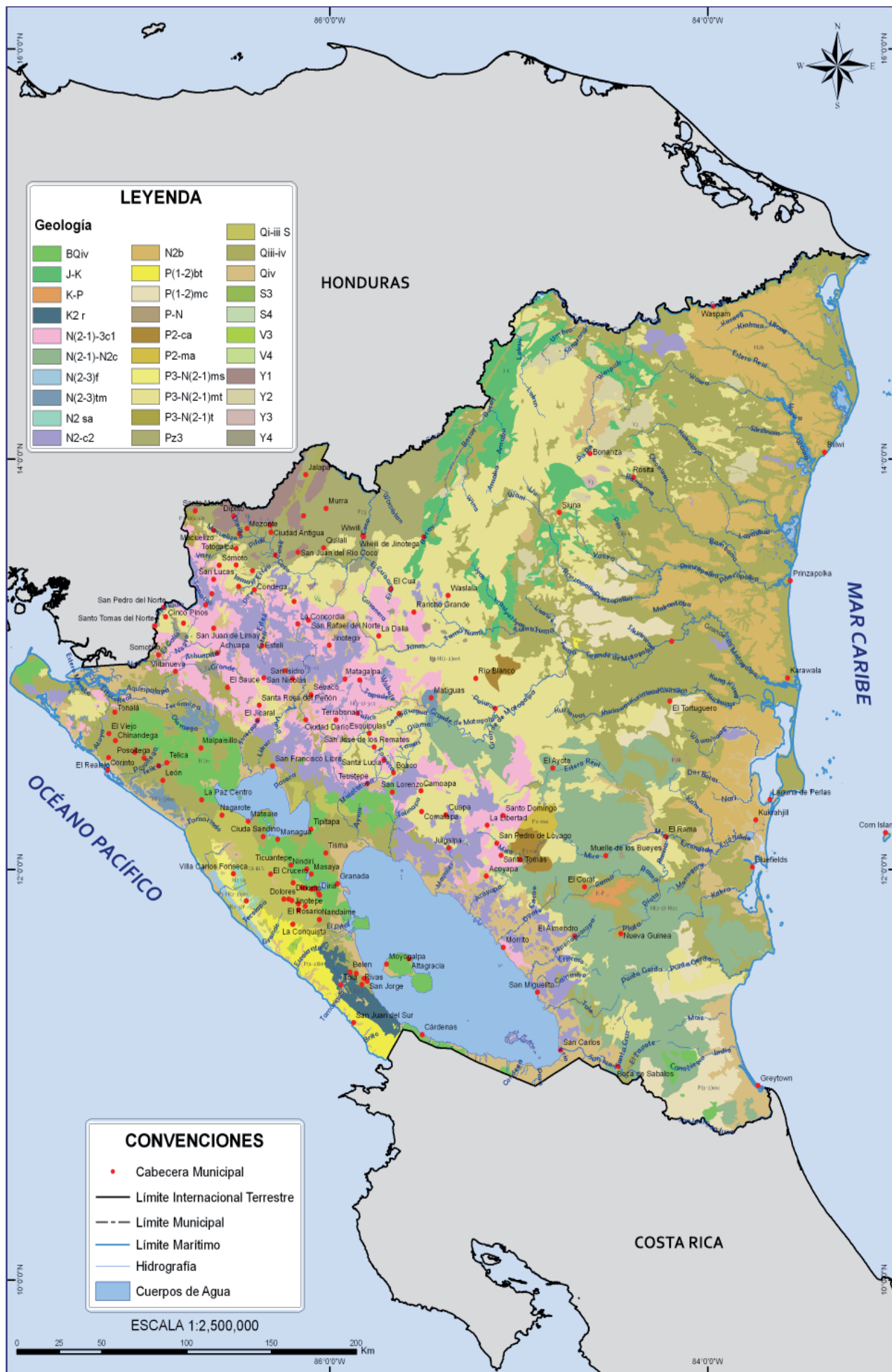
**Provincia Geológica Depresión o Graben de Nicaragua:** Constituye una formación joven, que atraviesa la región pacífica de Nicaragua. Se encuentra limitado por dos sistemas de fallas con dirección NO-SE y su origen está asociado a actividad volcánica reciente, así como a la actividad tectónica de la zona de subducción del pacífico. Está conformada principalmente por material piroclástico y aluviones. La cadena volcánica del país atraviesa esta estructura. Los lagos de Nicaragua y Managua ocupan aproximadamente el 40% del área de la depresión.

**Provincia Geológica Central (Provincia Volcánica Terciaria):** Comprende las tierras altas del interior nicaragüense, conformada por rocas volcánicas del Terciario principalmente. Las principales regiones geológicas que hacen parte de la provincia son Coyol, Matagalpa y Pre-Matagalpa. Los principales sistemas de fallas que atraviesan la provincia son, el Graben de Managua (N-S), el sistema de fallas de Punta Huete (NE-SO), el sistema de Matiguás (NO-SE) y el sistema de Hess (aprox. O-E).

**Provincia Geológica del Norte (Plataforma Paleozoica y Mesozoica):** Corresponde a la plataforma paleozoica y mesozoica de la América septentrional, cubriendo el territorio del departamento de Nueva Segovia y parte de Jinotega. Limita el Este con rocas volcánicas de la formación Matagalpa y rocas sedimentarias de la cuenca de Mosquitia. El límite Oeste lo marca el sistema de fallas de Matiguás.

**Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica (Cuenca de Sedimentación de la Costa Atlántica):** Esta provincia abarca la Cuenca de Mosquitia y el Banco de Nicaragua, comprendiendo una extensa área del territorio nacional de Nicaragua. Limita al Sur y Noreste por la Provincia volcánica terciaria, al Oeste por la Plataforma paleozoica y mesozoica, y al Este por el mar Caribe. La región que se encuentra en tierra firme se caracteriza por terrenos bajos llanos y ondulados, cubiertos por depósitos de grava y arena, y algunos afloramientos de las formaciones Matagalpa y Pre-Matagalpa. El Banco Continental de Nicaragua se extiende hasta Jamaica, y limita la Norte con la Cuenca de Yucatán, y al Sur con la cuenca de Colombia.

Mapa 4 Mapa geológico de Nicaragua







# Las amenazas por fenómenos geodinámicos

## Amenaza sísmica

Los sismos o terremotos corresponden a los movimientos del terreno generados por un proceso de liberación súbita de energía mecánica, bien sea en los contactos entre placas tectónicas o en fallas o fisuras internas de la corteza terrestre. La Figura 3 ilustra de manera simplificada la teoría de las placas tectónicas y sus movimientos relativos que da origen a los eventos sísmicos en diferentes zonas del planeta.

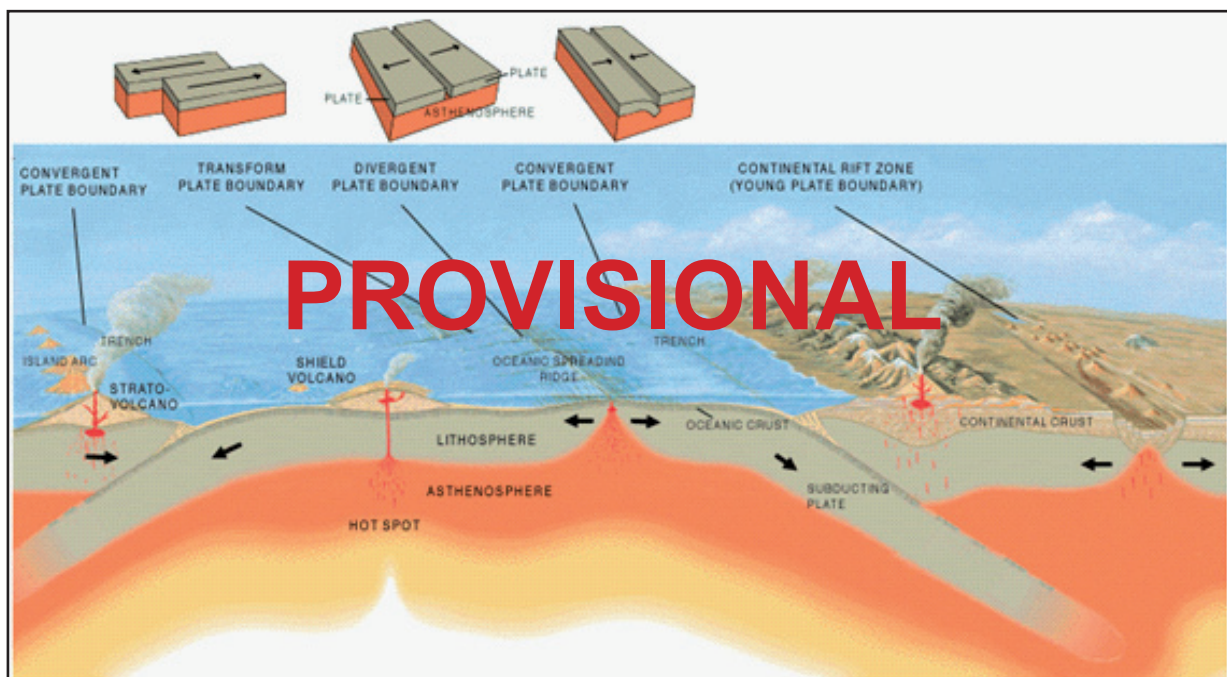


Figura 3 Placas tectónicas y sus movimientos

Por ejemplo, en Centroamérica, la placa del Coco se subduce bajo la del Caribe a una velocidad de entre 5 y 8 cm/año. La sismicidad es recurrente (episódica) y los sismos de magnitudes bajas y medianas (e.g Mw 6) tienen una probabilidad mayor de producirse ( $T_r=50$  años o menos), mientras que el periodo de recurrencia de los sismos de magnitudes superiores (e.g Mw 6) pueden superar los 50 años en cada una de sus fuentes sismogénicas (así sea inter-placa o intra-placa).

Los desplazamientos relativos entre placas y las fuerzas de convección internas en la tierra generan un incremento paulatino y gradual de esfuerzos en estas zonas de contacto. Al alcanzarse la resistencia de los materiales rocosos en la corteza terrestre, o en las zonas de contacto entre placas, se produce un movimiento relativo conocido como rebote elástico, el cual genera una liberación súbita de energía y ondas sísmicas que se propagan desde el foco sísmico en todas las direcciones. Las zonas de ruptura corresponden por un lado a los límites entre placas conocidos como zonas de acreción o divergencia, zonas de subducción o convergentes y zonas de transformación o movimiento lateral. También están las zonas de fallas geológicas o fisuras internas en las placas, las cuales pueden variar en longitud desde cientos de metros, hasta cientos de kilómetros, y extenderse desde la superficie hasta decenas de kilómetros en profundidad. Los tipos de fallas se clasifican normalmente en fallas normales, fallas inversas o de cabalgamiento, fallas desplazamiento lateral, fallas de desplazamiento oblicuo y fallas de desplazamiento de rotación, tal como se ilustra en la Figura 4.

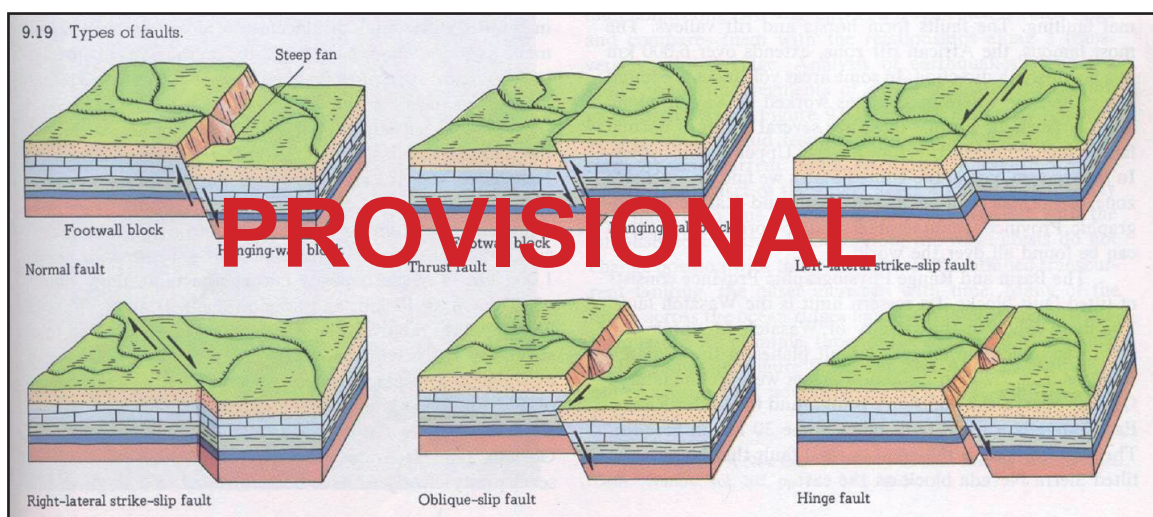


Figura 4 Tipos de falla

Las ondas generadas son de diverso tipo, con diferentes velocidades de propagación y características de movimiento y su difusión ocurre a través de la corteza y a veces del manto y el núcleo terrestre. La Figura 5 ilustra los tipos principales de ondas sísmicas que viajan por la corteza terrestre, el manto o núcleo de la tierra.



**PROVISIONAL**

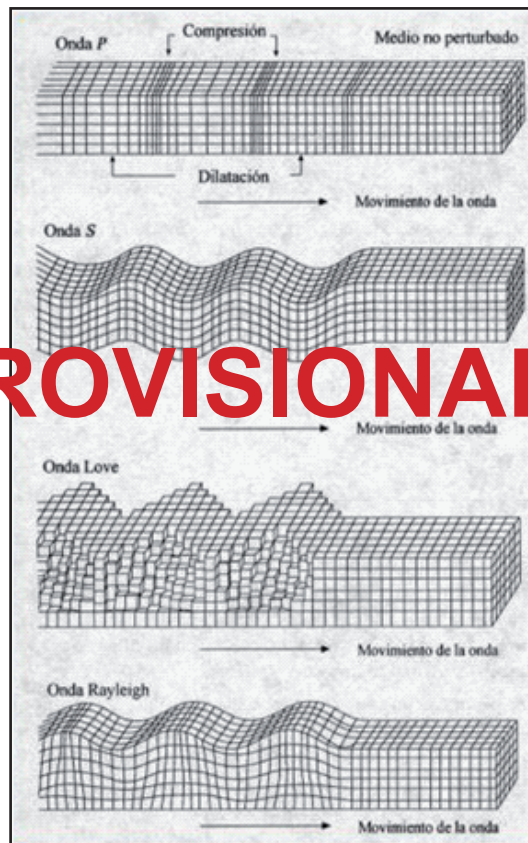


Figura 5 Tipos de onda

La energía de las ondas se atenúa con la distancia desde el foco por razones de geometría y de amortiguamiento por parte de los materiales por donde viajan las ondas. De esta manera se genera una distribución geográfica de los parámetros de intensidad del sismo como son la aceleración, velocidad o desplazamiento máximos de las partículas de suelo. El movimiento sísmico genera ondas de diversa índole en el terreno, principalmente de dos tipos: compresión y cortante. Las ondas de cortante inducen sollicitaciones importantes en las estructuras, y son las responsables de las tragedias históricas generadas por sismos de elevada magnitud. El avance de las ondas sísmicas por la corteza terrestre implica una disipación de energía, lo que se traduce en una atenuación progresiva de la intensidad, en función de la distancia al epicentro.

El movimiento sísmico puede verse además amplificado o de-amplificado por diferentes accidentes o características de los estratos por donde viajan las ondas tales como presencia de suelos depósitos de suelo blando, zonas de rellenos, formas topográficas superficiales especiales, irregularidad en las propiedades de los suelos en secciones determinadas, presencia de fallas y otras.

## Parámetros de movimiento fuerte

Los parámetros de movimiento fuerte permiten definir la amenaza en un área en particular, por lo cual se constituyen en el objetivo primordial de los estudios y análisis de amenaza sísmica. El movimiento del terreno se caracteriza por tener variables representativas tanto en amplitud, como frecuencia y duración. Algunos parámetros logran caracterizar el movimiento en uno de estos componentes, mientras otros pueden caracterizar los tres. Es importante anotar que dada la complejidad asociada al tránsito de las ondas sísmicas por la corteza terrestre, resulta prácticamente imposible reproducir perfectamente el movimiento del terreno en un sitio determinado, por muy complejo que sea el modelo que se adopte. En este orden de ideas, la elección del modelo de estimación del movimiento fuerte debe hacerse de acuerdo con los alcances del estudio que se realice.

La manera más sencilla y común de representar un movimiento fuerte en un punto específico de interés es a partir de un acelerograma. Un acelerograma es simplemente una gráfica de aceleración contra tiempo. Esta gráfica contiene toda la información necesaria asociada al movimiento, como por ejemplo los valores de amplitud máxima, contenido frecuencial y duración. Esta

señal de aceleración puede ser convertida a velocidad o desplazamiento, mediante la integración directa del registro. Los acelerogramas se registran en estaciones acelerográficas, provistas de sensores en tres ejes ortogonales. Uno de esos ejes se hace coincidir con la vertical, mientras los otros dos se hacen coincidir con las líneas NS y EO respectivamente. La Figura 6 presenta un ejemplo del acelerograma en dos direcciones del sismo de Managua del 23 de Diciembre de 1972 registrado en la estación de la Refinería ESSO.

La Tabla 1 presenta algunos de los parámetros de movimiento más empleados en ingeniería sísmica, indicando su capacidad de representar alguna de sus características primordiales.

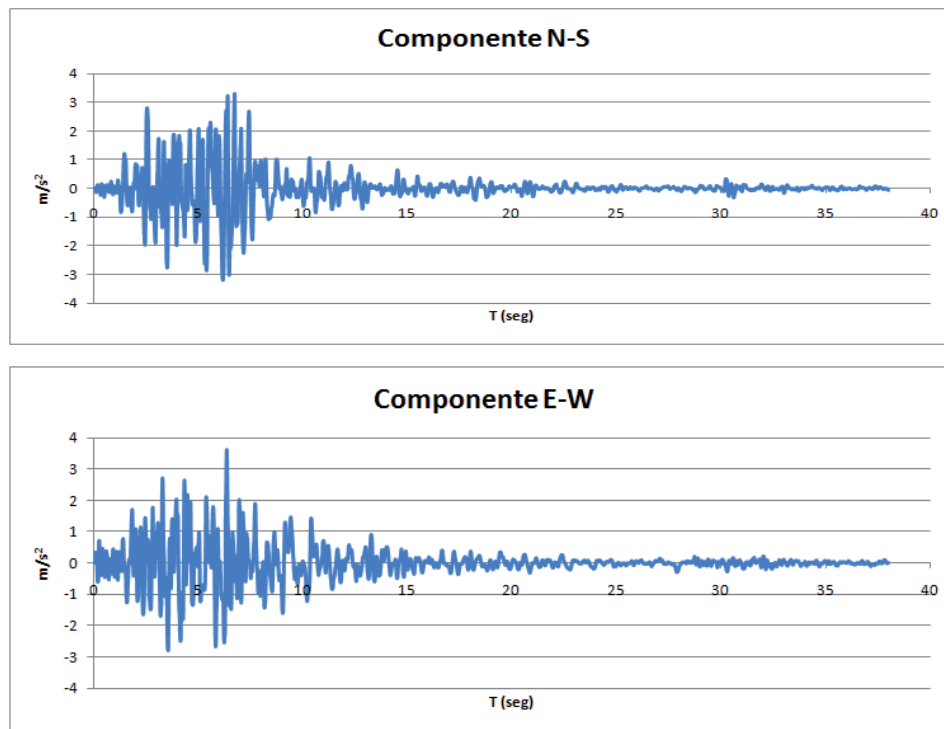


Figura 6 Acelerogramas del sismo de Managua, 23 de Diciembre de 1972. Componentes N-S y E-W en la estación de la Refinería ESSO

Tabla 1 Parámetros de movimiento fuerte y característica que mide

Parámetro de movimiento fuerte		Característica de movimiento fuerte		
		Amplitud	Contenido Frecuencial	Duración
<i>Aceleración máxima</i>	<i>PGA</i>	X		
<i>Velocidad máxima</i>	<i>PGV</i>	X		
<i>Desplazamiento máximo</i>	<i>PGD</i>	X		
<i>Espectro de Fourier</i>	<i>EAF</i>	X	X	X
<i>Espectro de Respuesta</i>	<i>ER</i>	X	X	
<i>Duración</i>	<i>Td</i>			X

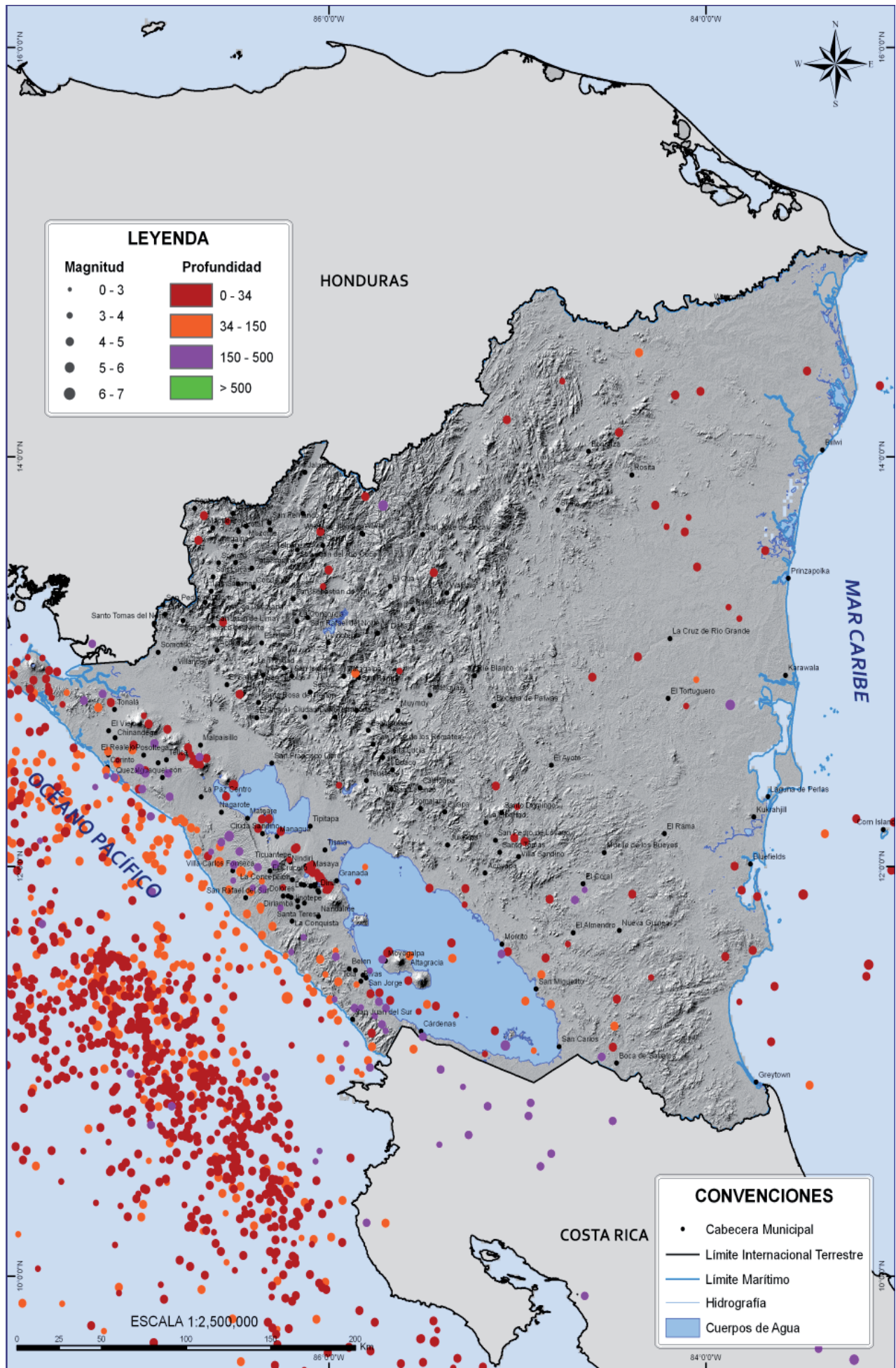
Los diferentes parámetros de intensidad del fenómeno que sirven para representar la amenaza sísmica son la aceleración máxima del terreno, la aceleración espectral para diferentes periodos de retorno, la velocidad máxima del terreno y el desplazamiento espectral máximo para diferentes periodos de retorno.

## Sismicidad histórica

A lo largo de la historia se han presentado sismos importantes que han generado consecuencias catastróficas en Nicaragua. Los principales eventos de que se tiene registro son los siguientes:

- Sismo de 1606: ciudad de León destruida por sismo y erupción del Volcán Momotombo. Se traslada la población del lago de Managua a Subtiaba en enero 2 de 1610.
- Sismo de mayo de 1844: Población de Rivas destruida, un seiche reportado en el Lago de Nicaragua. Desbordamiento del Lago de Nicaragua, muchas réplicas. Daños en San Juan del Norte. Sismo de subducción en la placa Cocos.
- Sismo de abril 29 de 1898: daños en muchos edificios de Managua, se le asignó al evento una intensidad en la escala de Mercalli de VII. El evento se asoció a ruptura cortical causando daños también en las poblaciones de León y Chinandega.
- Sismo del 23 de diciembre de 1972: Se produjo un sismo con magnitud 6.2 destruyendo la capital, Managua. Las pérdidas humanas se estimaron en 10 000 vidas. Las principales estructuras afectadas fueron las que habían sido reparadas tras el sismo que había ocurrido 41 años antes.
- Sismo de septiembre 1 de 1992: corresponde a uno de los eventos sísmicos más graves de Nicaragua. Un sismo de magnitud 7.3 produjo un tsunami que arrasó balnearios y poblaciones a lo largo de la costa pacífica del país. Grandes pérdidas humanas y materiales.

Mapa 5 Sismicidad histórica en Nicaragua



## Mapas de amenaza sísmica

Las Figuras 7 y 8 presentan los mapas de amenaza sísmica para diferentes eventos estocásticos seleccionados en términos de aceleración máxima del terreno.

Aquí mapas de amenaza sísmica para eventos seleccionados. Incluir lo que correspondan a sismos importantes registrados. Indicar ubicación, magnitud, frecuencia.

Los Mapas 6 a 9 presentan mapas de amenaza sísmica probabilísticos en términos de aceleración máxima de terreno para diferentes períodos de retorno, 200, 500, 1000 y 2500 años.

Los Mapas 10 a 13 presentan mapas de amenaza sísmica probabilísticos en términos de aceleración del terreno para el periodo de vibración de 0.5seg y para diferentes períodos de retorno, 200, 500, 1000 y 2500 años.

Los Mapas 14 a 17 presentan mapas de amenaza sísmica probabilísticos en términos de aceleración del terreno para el periodo de vibración de 1.0seg y para diferentes períodos de retorno, 200, 500, 1000 y 2500 años.

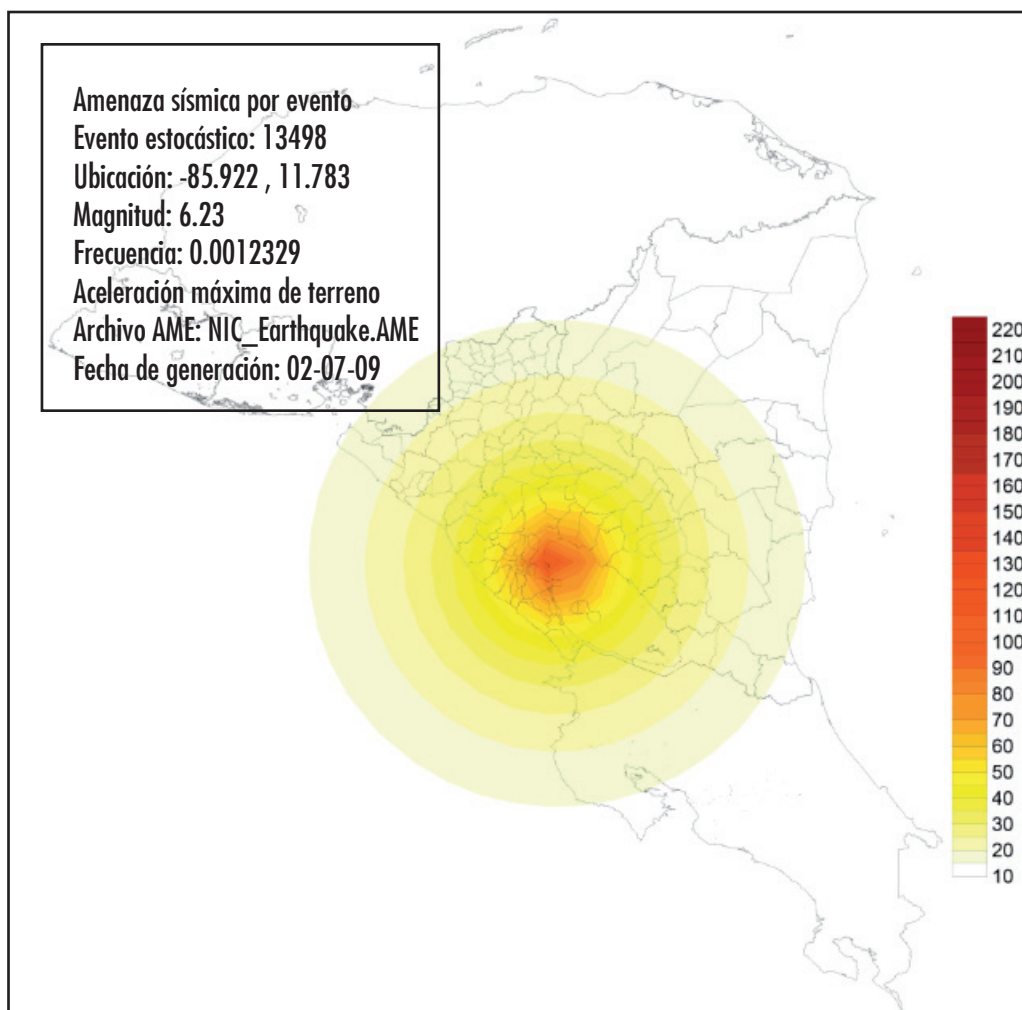


Figura 7 Intensidad para sismo de Managua 1972

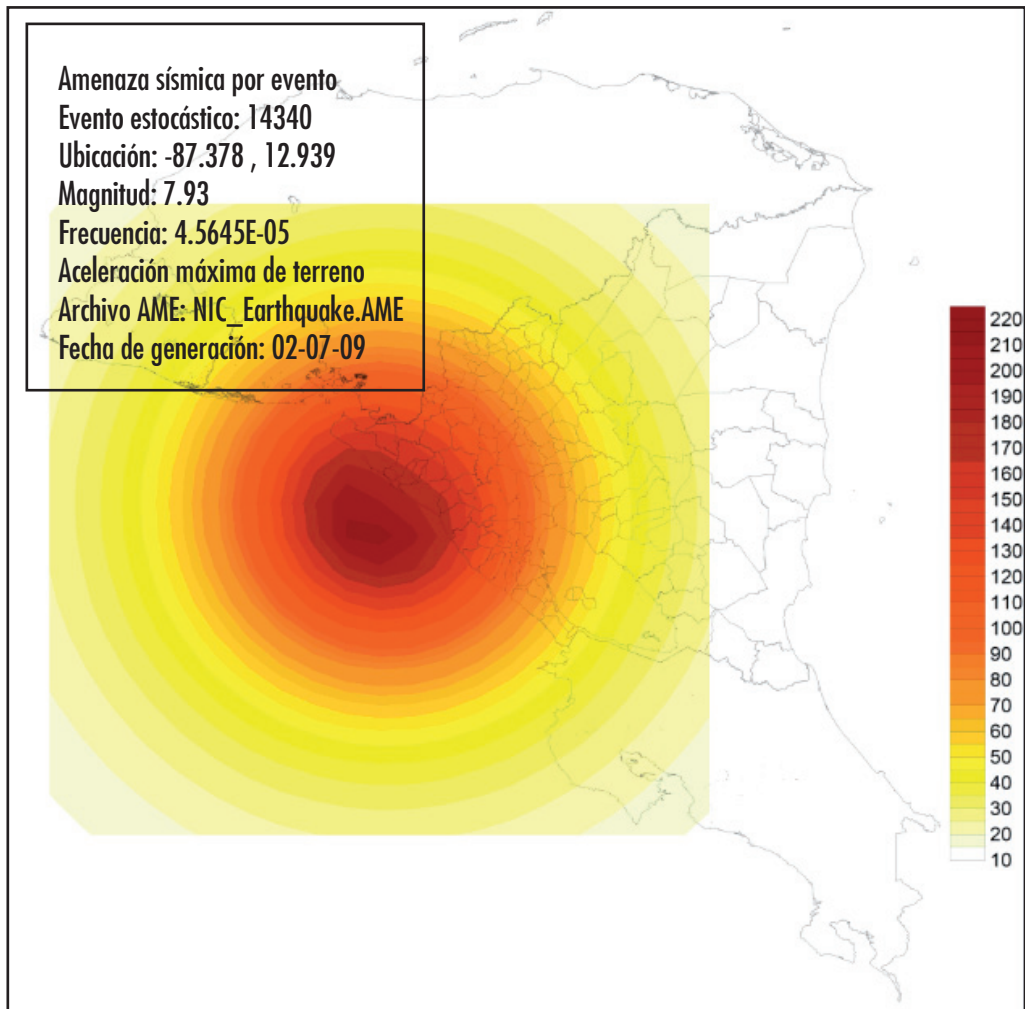


Figura 8 Intensidad para sismo en zona de subducción de la Costa Pacífica

Mapa 6 Periodo de vibración: 0 seg, período de retorno 200 años

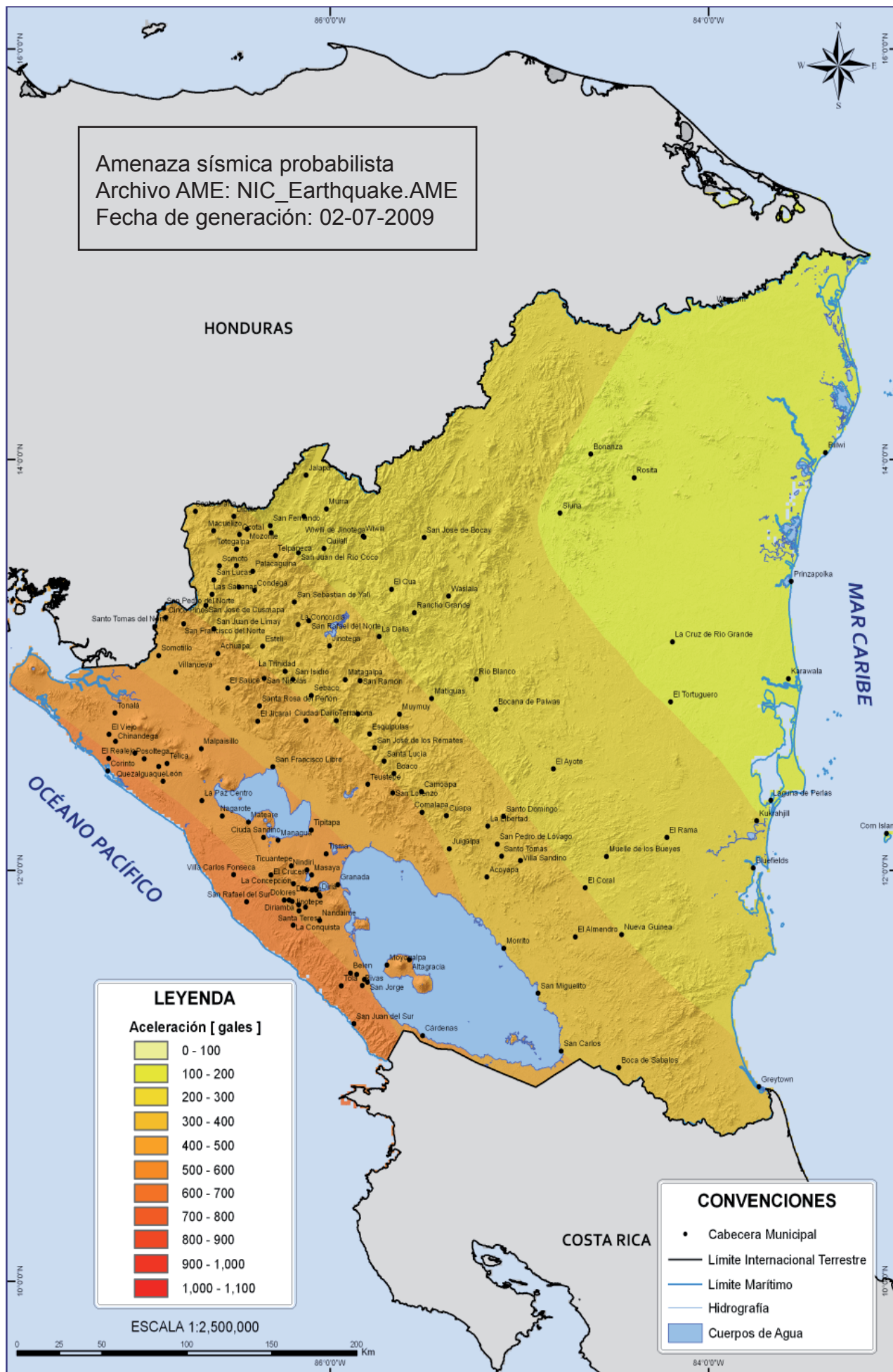


Mapa 7 Periodo de vibración: 0 seg, período de retorno 500 años





Mapa 8 Periodo de vibración: 0 seg, período de retorno 1000 años



Mapa 9 Periodo de vibración: 0 seg, período de retorno 2500 años



Mapa 10 Periodo de vibración: 0.5 seg, período de retorno 200 años



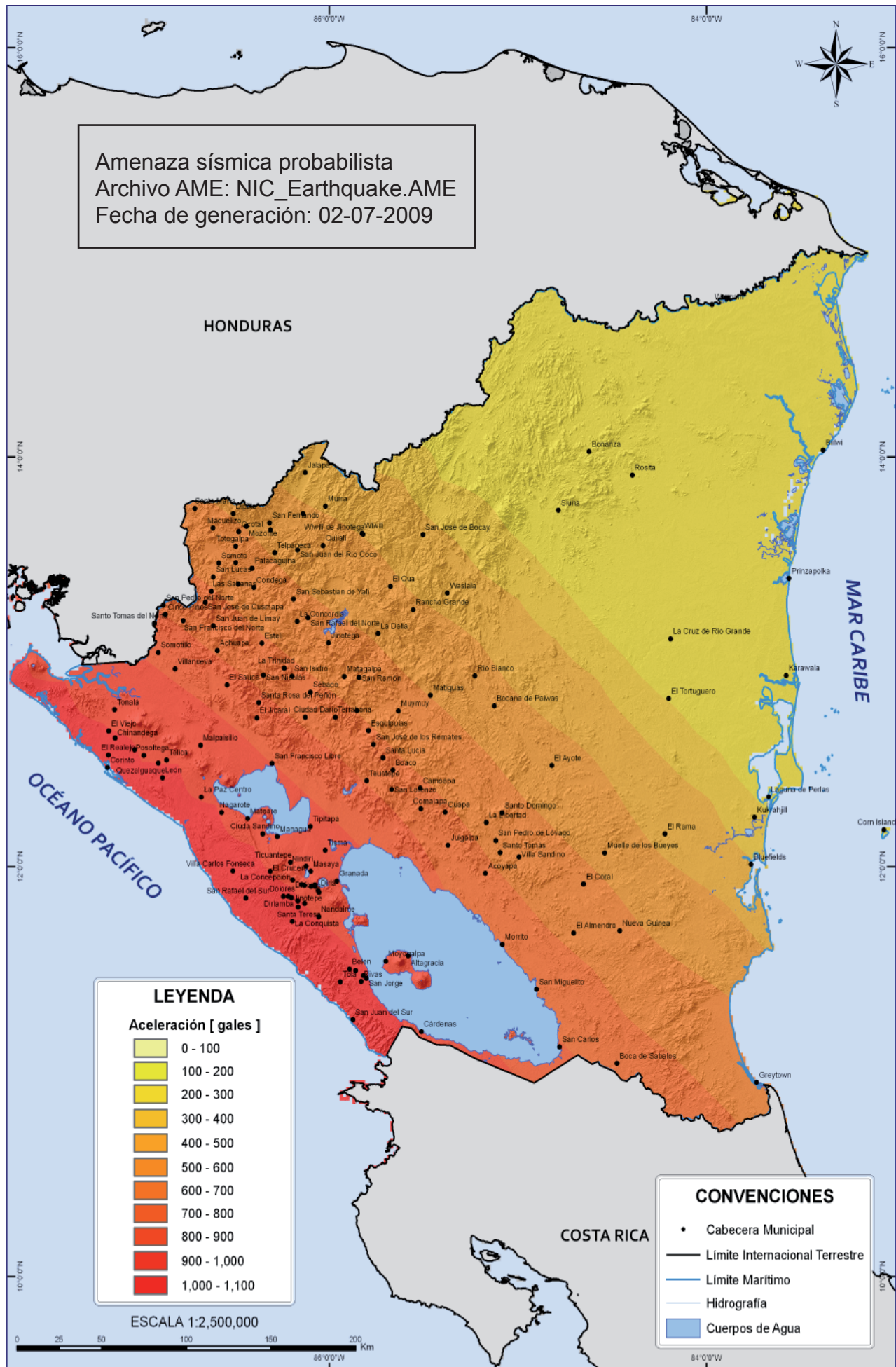
Mapa 11 Periodo de vibración: 0.5 seg, período de retorno 500 años



Mapa 12 Periodo de vibración: 0.5 seg, período de retorno 1000 años



Mapa 13 Periodo de vibración: 0.5 seg, período de retorno 2500 años



Mapa 14 Periodo de vibración: 1.0 seg, período de retorno 200 años

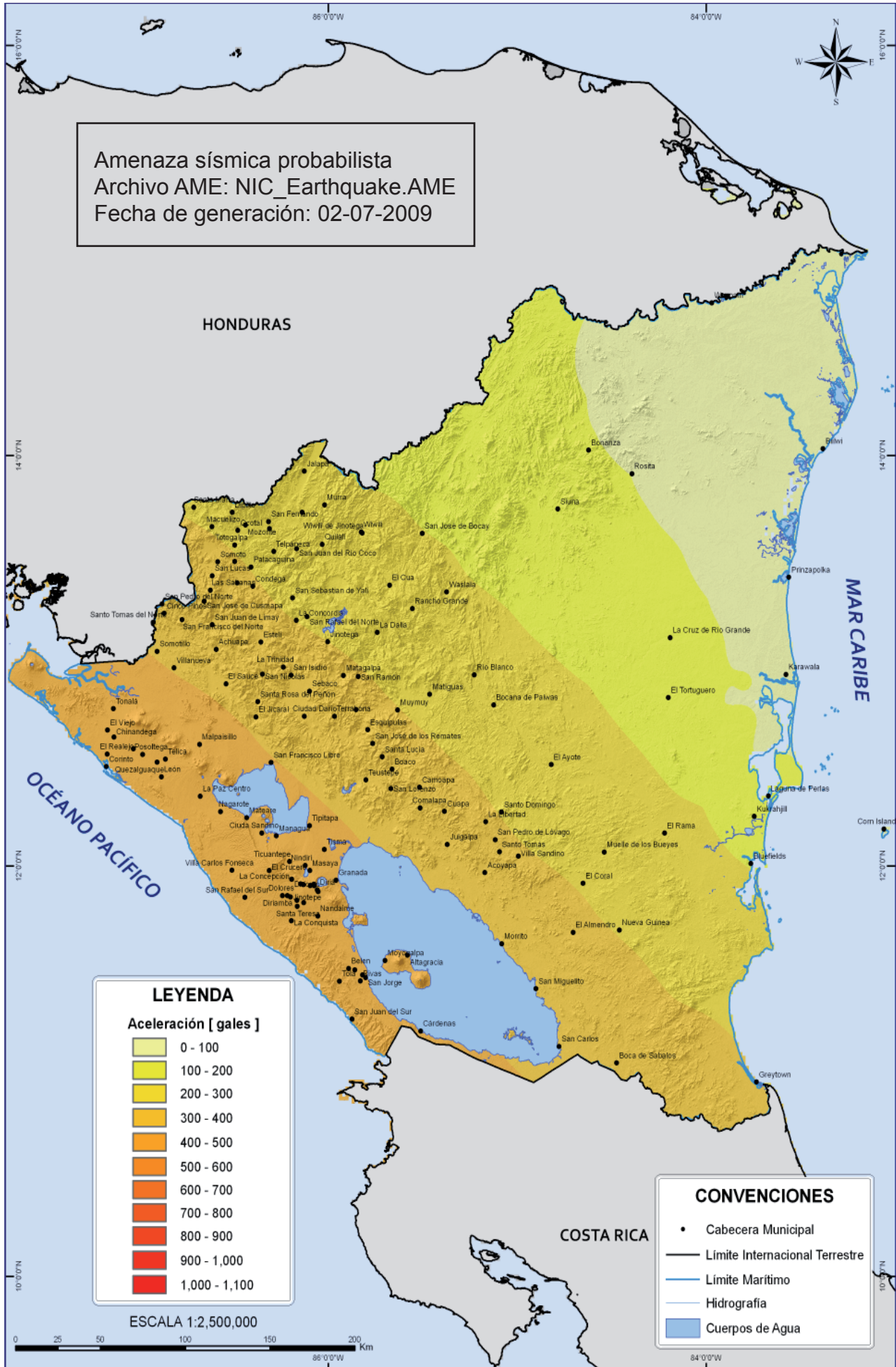


Mapa 15 Periodo de vibración: 1.0 seg, período de retorno 500 años





Mapa 16 Periodo de vibración: 1.0 seg, período de retorno 1000 años



Mapa 17 Periodo de vibración: 1.0 seg, período de retorno 2500 años



# Amenaza tsunamigénica

El tsunami (del japonés tsu, «puerto» o «bahía», y nami, «ola»; literalmente significa gran ola en el puerto) corresponde al fenómeno mediante el cual un evento particular genera una onda gravitacional que viaja en una masa de agua hasta alcanzar la costa. El evento detonante puede ser un sismo, un deslizamiento o una erupción volcánica. En el caso de sismo, la onda se genera normalmente por el desplazamiento vertical de una gran masa de agua a consecuencia del movimiento de la placa tectónica donde se origina el evento. La onda puede viajar por miles de kilómetros e impactar simultáneamente las costas de varios continentes generando daños, destrucción y muerte en las franjas costeras correspondientes. En mar abierto es muy difícil o imposible detectar un tsunami, dado que la altura de la ola es generalmente inferior a un metro. Sin embargo, al llegar a la costa, la disminución en la profundidad del lecho oceánico, levanta la lámina de agua, generando una pared de agua que puede llegar a entrar distancias considerables en el continente en función del perfil topográfico de la zona costera. La energía de un tsunami, y en consecuencia su intensidad y capacidad destructiva, depende de la altura de la ola y su velocidad de impacto al entrar en la costa. La Figura 9 ilustra el mecanismo de generación de tsunamis tectónicos y los posibles efectos que estos pueden causar al acercarse a las costas.

## Parámetros de intensidad

Los parámetros de intensidad para el tsunami son normalmente la altura máxima de la ola y la velocidad de aproximación de la ola al entrar en la costa. Considerando que las consecuencias directas del tsunami están asociadas a la zona potencialmente inundable y a la altura de inundación máxima en cada sitio, se utilizan estos como parámetro de intensidad del tsunami.



Figura 9 Formación de tsunamis

## Efectos principales

El tsunami tiene un alto poder destructivo debido a las siguientes razones principales:

- Pueden viajar miles de kilómetros con lo cual pueden afectar zonas costeras en toda una cuenca oceánica completa.
- La batimetría de la zona de aproximación a la costa puede generar amplificaciones considerables que aumentan la altura y velocidad de aproximación de la ola.
- Las zonas costeras son zona ampliamente pobladas especialmente aquellas en que los efectos del tsunami pueden ser más devastadores.

Desastres como el causado por el gran tsunami de Indonesia, donde alrededor de 225 000 personas perdieron la vida, son pruebas fehacientes del gran poder destructivo de estos eventos. Los principales efectos derivados de la ocurrencia de un tsunami, y que están directamente asociados con las pérdidas económicas y de vidas humanas, son las inundaciones de las zonas costeras y el daño estructural directo a las construcciones que se encuentren en la primera línea de arribo de las olas.

La Figura 10 presenta algunos ejemplos del potencial destructivo de los tsunami, y permite hacerse una idea de la extensión del desastre que estos eventos pueden llegar a desencadenar.

## Eventos históricos relevantes en el mundo

A lo largo de la historia se han presentado sismos importantes que han generado un tsunami de proporciones catastróficas para las comunidades afectadas. Es importante tener como referencia este tipo de eventos, dado que permiten entender su potencial destructivo. A continuación se presenta una breve reseña de algunos eventos históricos importantes, en Nicaragua y en otras partes del mundo.

### Tsunami de Chile 1960

El 22 de Mayo de 1960, un poderoso sismo sacudió el sur de Chile, en cercanías a la población de Valdivia. Corresponde con el sismo de mayor magnitud registrado en la historia mundial de terremotos ( $M_w = 9.5$ ). Generó un tsunami que produjo la muerte a cerca de 5000 personas en Chile, y 22 horas después arribó a la costa oeste de Japón donde cobró la vida de cerca de 200 personas.



Figura 10 Vista aérea antes y después del tsunami de Indonesia en Banda Aceh

## Tsunami de Nicaragua 1992

El 1º de Septiembre de 1992 ocurrió un sismo de magnitud 7.7 (Mw) en la zona de subducción del pacífico nicaragüense, a pocos kilómetros de la costa del país. El evento generó un tsunami que alcanzó la costa pacífica de Nicaragua 45 minutos después del sismo, alcanzando alturas de ola entre 4 y 10 metros en una gran extensión de costa, afectando 34 poblaciones y causando la muerte de más de 170 personas, en su mayoría niños.

## Tsunami de Okushiri 1993

El 12 de Julio de 1993 ocurrió un sismo al suroeste de Hokkaido (Mw = 7.8), cerca de la isla japonesa de Okushiri. Dada la cercanía de la isla con el epicentro, el movimiento del terreno inducido por el sismo se vio acompañado pocos minutos después por el embate de las olas contra la isla. Alrededor de 200 personas murieron como consecuencia de este evento, el cual alcanzó alturas de olas entre los 5 y 10 metros.

## Tsunami de Papua Nueva Guinea 1998

El 17 de Julio de 1998 un sismo de magnitud 7.1 (Mw) ocurrido en la costa norte de la isla de Nueva Guinea generó un tsunami con olas de hasta 15 m de altura, que cobró la vida a cerca de 2000 personas. La mayor afectación se dio en una franja costera relativamente corta (aproximadamente 40 km), lo cual indica la importante incidencia de las condiciones locales en la amplificación de los efectos destructivos del tsunami.

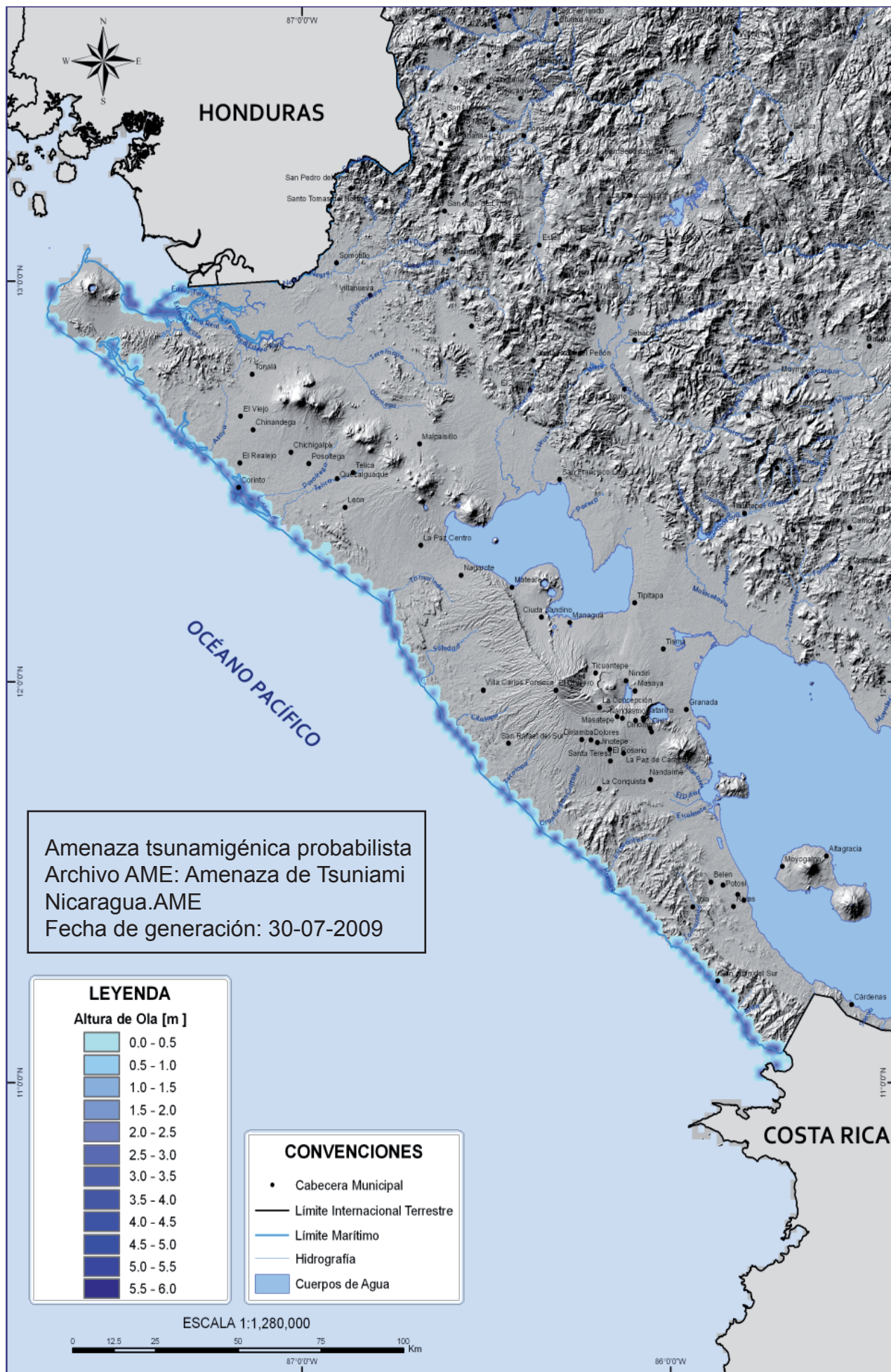
## Tsunami de Indonesia 2004

El 26 de Diciembre de 2004, un sismo de magnitud 9.1 sacudió la costa oeste de Sumatra, Indonesia, generando un tsunami con olas de más de 30 metros de altura, lo que produjo la muerte de más de 225 000 personas en once países, con Indonesia, Sri Lanka, India y Tailandia entre los más afectados. El evento es considerado como uno de los mayores desastres de la historia. Los fondos de ayuda internacional recolectados sumaron cerca de US\$ 7 mil millones (dólares de 2004), con el objeto de cubrir las pérdidas económicas derivadas de la tragedia.

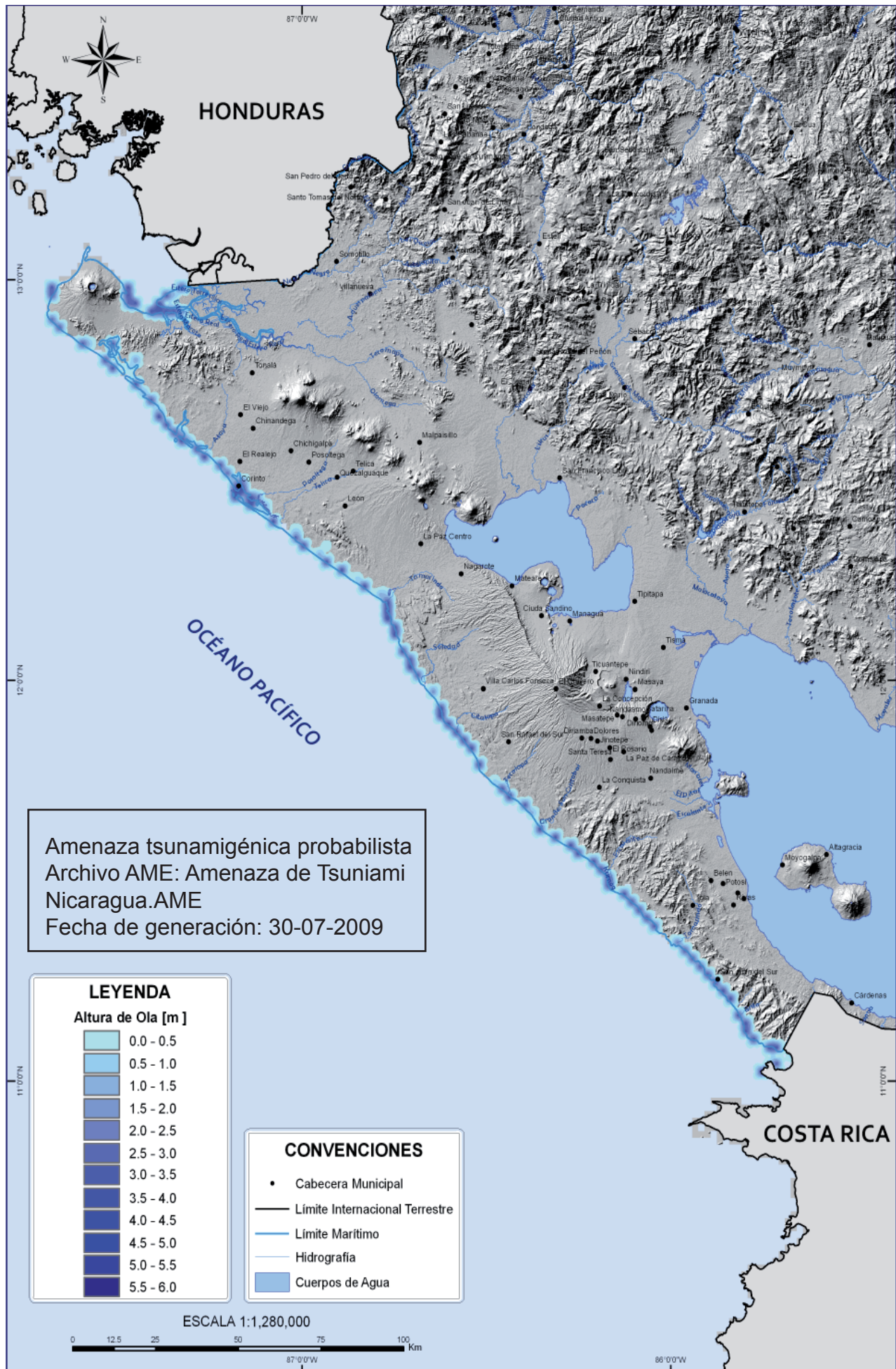
## Mapas de amenaza tsunamigénica

Los Mapas 18 a 21 presentan mapas de amenaza tsunamigénica probabilísticos en términos de profundidad máxima de inundación para diferentes periodos de retorno, 100, 200, 500, 1000 y 2500 años.

Mapa 18 Amenaza tsunamigénica, período de retorno: 50 años

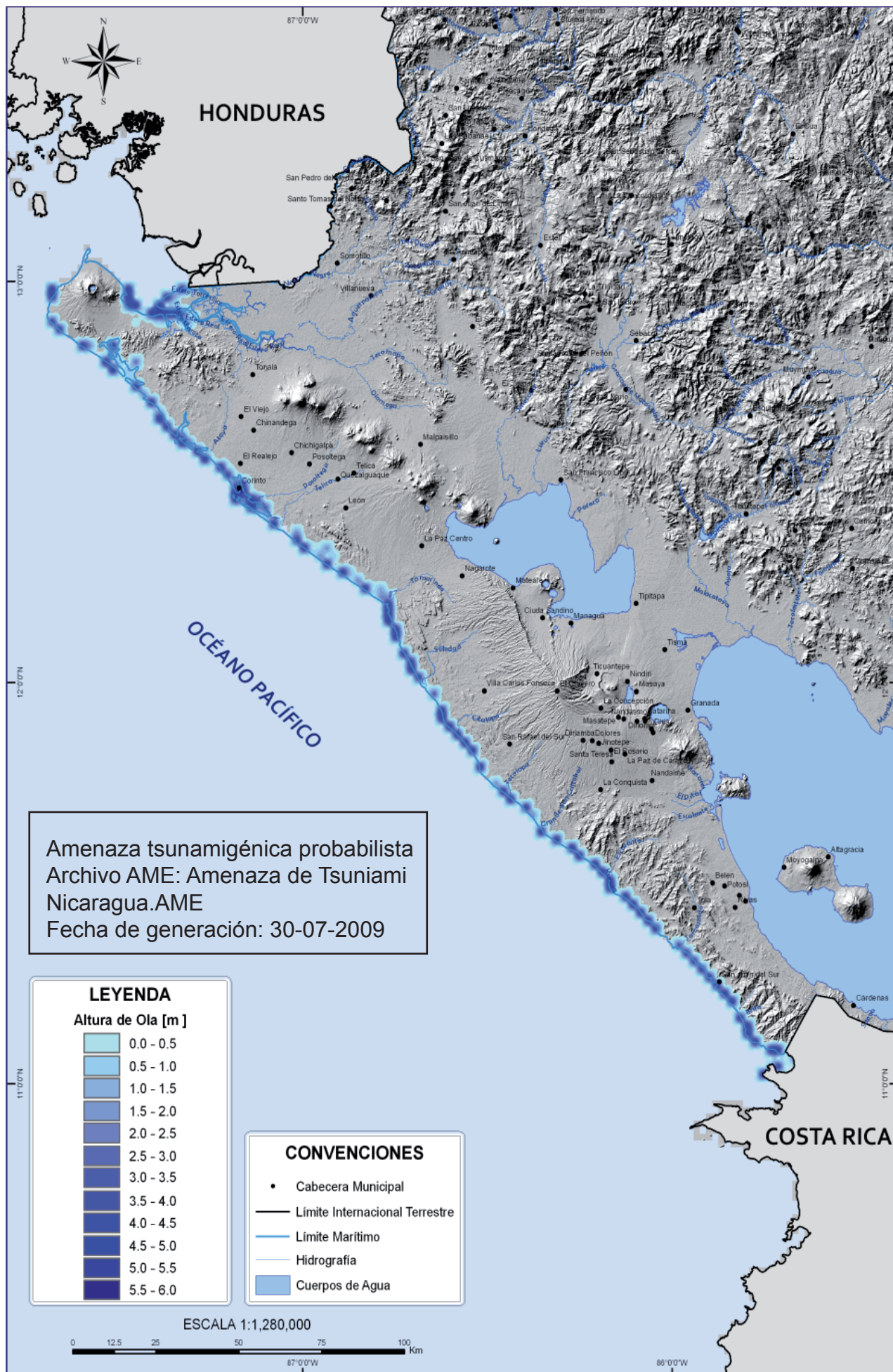


Mapa 19 Amenaza tsunamigénica, período de retorno: 100 años



Amenaza tsunamigénica probabilista  
 Archivo AME: Amenaza de Tsunami  
 Nicaragua.AME  
 Fecha de generación: 30-07-2009

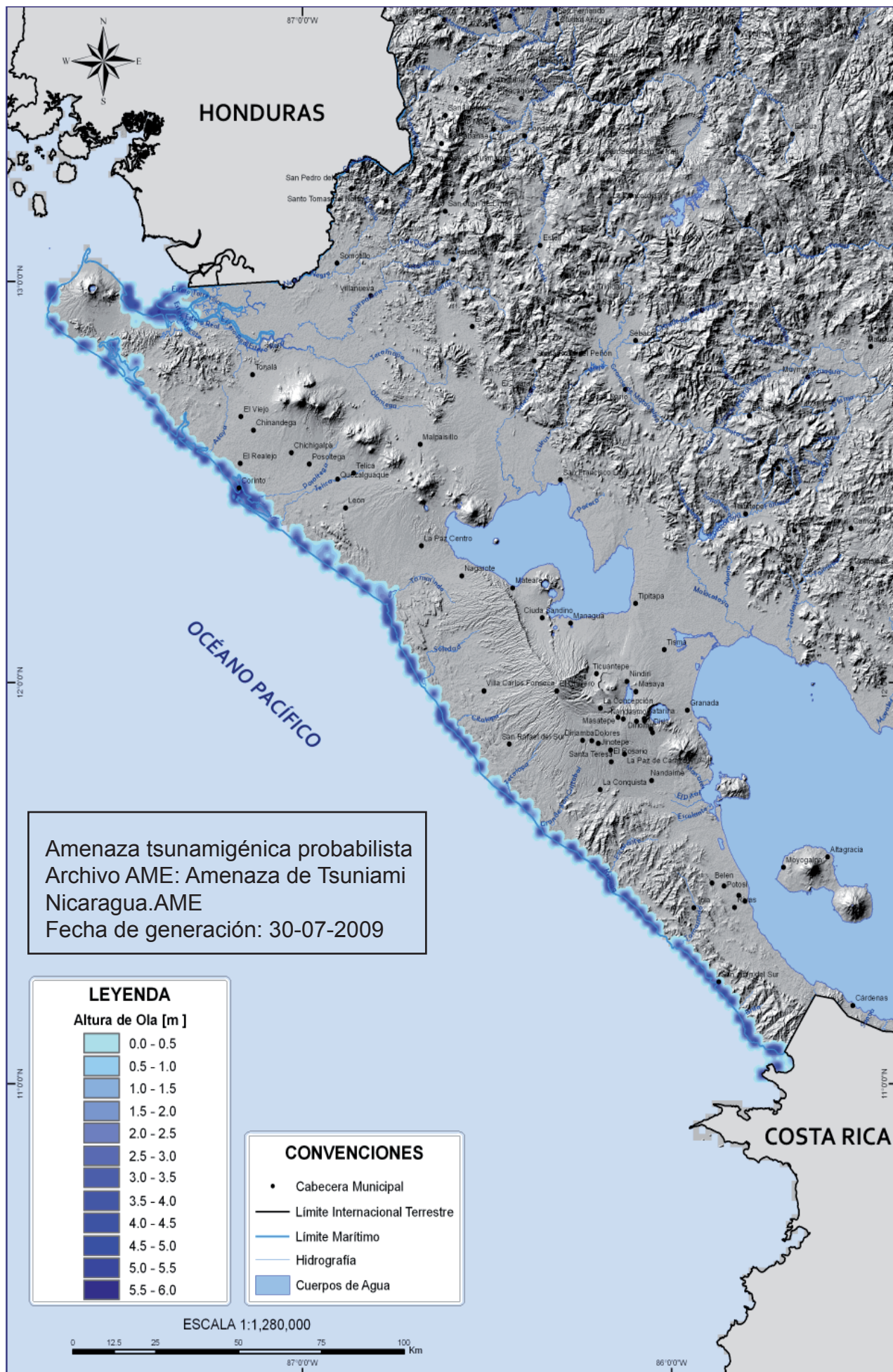
Mapa 20 Amenaza tsunamigénica, período de retorno: 500 años



Amenaza tsunamigénica probabilista  
 Archivo AME: Amenaza de Tsunami  
 Nicaragua.AME  
 Fecha de generación: 30-07-2009



Mapa 21 Amenaza tsunamigénica, período de retorno: 1000 años



# Amenaza volcánica

Los volcanes son en esencia fenómenos geológicos que establecen una comunicación temporal o permanente entre la parte profunda de la litósfera y la superficie terrestre.

Cuando el magma asciende a la superficie, este presiona sobre la corteza para salir al exterior generando con esto una erupción volcánica. El magma al salir forma un cono o edificio volcánico formado por la superposición de productos piroclásticos, flujos de lava, lahares y cenizas volcánicas generando con esto los llamados estrato-volcanes. Los volcanes se clasifican en función del tipo de producto volcánico, la estructura de su formación y los procesos eruptivos característicos.

Los volcanes constituyen el único evento que pone en comunicación directa la superficie de la tierra con los niveles profundos de la corteza terrestre. Es decir, son el único medio para la observación y el estudio de los materiales líticos de origen magmático, que constituyen aproximadamente el 80 % de la corteza sólida.

En la profundidad del Manto terrestre, el magma bajo presión asciende, creando cámaras magmáticas dentro o por debajo de la corteza terrestre. Las grietas en las rocas de la corteza proporcionan una salida para la intensa presión con lo cual se conforma una erupción con diversos materiales como vapor de agua, humo, gases, cenizas, rocas y lava los cuales son lanzados a la atmósfera en el proceso.

La mayoría de los países de Centroamérica se encuentran sometidos a un amplio espectro de amenazas originado por la subducción de la placa de Cocos bajo la placa Caribe, creando un cinturón de fuego que va desde México a Panamá. La zona de subducción del Pacífico genera una inusitada concentración de volcanes activos que emergen en forma paralela a la costa y se prolonga de norte y sur a todo lo largo de Centro América. Los volcanes de Nicaragua (19 del Holoceno) y Costa Rica (10 del Holoceno) han tenido actividad volcánica eruptiva pequeña o moderada en tiempos históricos. Por ejemplo el volcán Momotombo es un volcán joven (estrato-volcán) que se proyecta en forma prominente por encima del borde nor-oeste del Lago de Managua, conformando una de las características geomorfológicas más reconocidas de Nicaragua. Este mismo volcán en 1605-1606 destruyó la ciudad de León, originalmente la capital de Nicaragua. Desde 1524, este volcán ha generado 15 erupciones, la más reciente de ellas en 1905. Por ser una zona de subducción, los estratovolcanes son lo más frecuentes en la zona al igual que las calderas, presentándose los volcanes tipo domo y escudo con menos frecuencia.

## Procesos eruptivos y parámetros de intensidad

En el entorno a la actividad volcánica se generan diversos procesos eruptivos de potencial impacto en la región. Los principales procesos eruptivos son la caída de cenizas frías ("ash/tephra"), los flujos piroclásticos, los flujos de lava, los flujos de escombros fríos o lahares o flujos de lodos y las proyecciones balísticas ("ballistic large tephra fall").

- Caída de cenizas: este proceso se presenta por la expulsión de pequeñas partículas a la atmósfera de material magmático, impulsadas por los gases ascendentes producidos durante algunas erupciones volcánicas. Esta masa de material es transportada por corrientes de viento y dispersada por la turbulencia atmosférica sobre grandes áreas generando cambios climáticos en zonas distantes del evento eruptivo. A causa del enfriamiento y condensación de la masa de material, éste se deposita por acción de la gravedad sobre grandes extensiones de tierra causando daños no solo de tipo climático sino también en propiedades y bienes de infraestructura expuesta.
- Flujos piroclásticos: los flujos piroclásticos están compuestos de material granular y gases eruptivos de elevada temperatura acumulados durante el proceso eruptivo en la columna de erupción, que por su alta densidad colapsa desplazándose ladera abajo por el edificio volcánico, alcanzando velocidades de flujo importantes, por lo cual es uno de los procesos eruptivos más destructivos que puedan llegar a generarse. Su curso es guiado generalmente por la topografía y puede alcanzar velocidades de hasta 80 Km/h y temperaturas de cientos de grados centígrados, detonando diversos materiales combustibles a su paso. Su poder es altamente destructivo por donde pase.
- Flujos de lava: los flujos de lava son corrientes de roca fundida que dependiendo de la composición química y gases disueltos

Tabla 2 El Índice de explosividad volcánica (IEV) califica la intensidad de eventos eruptivos de los volcanes.

IEV	Clasificación	Descripción	Altura columna eruptiva	Volumen material arrojado	Periodicidad	Ejemplo	Total Erupciones históricas
0	Erupción hawaiana	No explosiva	< 100 m	> 1000 m <sup>3</sup>	Diaria	Kilauea	-
1	Erupción stromboliana	Ligera	100-1000 m	> 10,000 m <sup>3</sup>	Diaria	Stromboli	-
2	Erupción vulcaniana/strom	Explosiva	1-5 km	> 1.000.000 m <sup>3</sup>	Semanal	Galeras, 1993	3477
3	Erupción vulcaniana (sub-	Violenta	5-15 km	> 10.000.000 m <sup>3</sup>	Anual	Nevado del Ruiz, 1985	868
4	Vulcaniana (sub-pliniana)/pliniana	Cataclísmica	10-25 km	> 0,1 km <sup>3</sup>	Cada 10 años	Galunggung, 1982	278
5	Pliniana	Paroxística	> 25 km	> 1 km <sup>3</sup>	Cada 100 años	St. Helens, 1980	84
6	Pliniana/Ultra-Pliniana	Colosal	> 25 km	> 10 km <sup>3</sup>	Cada 100 años	Krakatoa, 1883	39
7	Ultra-Pliniana (krakatoana)	Super-colosal	> 25 km	> 100 km <sup>3</sup>	Cada 1000 años	Tambora, 1815, Maipo 500.00 a.C.	4
8	Ultra-Pliniana (krakatoana)	Mega-colosal	> 25 km	> 1000 km <sup>3</sup>	Cada 10000 años	Toba, 69.000 a.C.	1

puede variar de viscosidad, y consecuentemente de velocidad y distancia cubierta por el flujo. Los principales factores que afectan la velocidad de los flujos de lava y las distancias que cubren dependen principalmente de las características del material expulsado aunque también intervienen factores como la tasa de expulsión, pendiente y accidentes del terreno en el que es vertida la lava (tales como canales o planicies de poca pendiente) y la forma o estructura del edificio volcánico. Por ejemplo en los lugares en donde las erupciones se caracterizan por ser periódicas y muy viscosas, los flujos de lava no alcanzan mayores distancias y terminan acumulándose en capas para formar domos. Al igual que los flujos piroclásticos, los flujos de lava destruyen todo en la corriente de flujo pues las elevadas temperaturas calcinan cualquier elemento que se encuentren, destruyendo incluso el mismo terreno el cual puede durar mucho tiempo en recuperarse. La intrusión de los flujos de lava en depósitos de nieve o hielo puede generar lahares de gran magnitud, o la intrusión en depósitos de agua superficial puede generar, por la ebullición violenta, explosiones con desprendimientos de roca fundida.

- **Proyecciones balísticas:** las proyecciones balísticas son piroclastos expulsados por la boca eruptiva que por el tamaño y fuerza con la que son eyectados no son arrastrados por los gases ascendentes de la erupción, sino que adoptan cursos de proyectil alcanzando distancias de hasta algunos kilómetros.
- **Flujos de lodo:** los flujos de lodo o lahares son grandes flujos de agua, lodos y piedras de diferentes tamaños que se mueven en las laderas de volcanes o cuencas de ríos. Estos pueden variar en tamaño dependiendo de las condiciones del sitio en las que se producen. Los lahares pequeños no alcanzan largas extensiones ni altas velocidades por lo que sus efectos no son de gran magnitud. En cambio los grandes lahares corren a una velocidad considerable y alcanzan distancias importantes, afectando grandes extensiones de territorio y generando efectos masivamente destructivos. Un ejemplo de este tipo de eventos corresponde a la erupción del volcán Nevado del Ruiz, Colombia, en el año de 1985 y que generó un lahar de grandes proporciones afectando más de 5000 viviendas y causando más de 25 000 muertos en la población de Armero y Chinchiná.

## Eventos históricos relevantes

Nicaragua es un país rico en volcanes, en su territorio existen más de 40 volcanes. Debido a lo anterior, resulta de vital importancia evaluar el peligro que éstos pueden generar sobre la población aledaña así como en la infraestructura que los rodea. Históricamente se han presentado erupciones en los volcanes activos (ver listado anexo) y las más importantes se resumen a continuación:

- Erupción volcán Cerro Negro (9 Abril 1992): ese día ocurrió una de las erupciones más notables en la historia reciente y conocida del volcán. Se presentaron sismos antes de la erupción y la población aledaña los reportó hasta con una semana de anticipación. A pesar de la violencia de la erupción no se presentaron víctimas mortales ni pérdidas considerables.
- Erupción volcán Telica (12 Agosto 1994): el día 31 de julio el volcán comenzó a presentar manifestaciones eruptivas al presentar explosiones de cenizas y gases, para finalmente presentarse la erupción principal el día 12 de agosto.
- Erupción volcán Cerro Negro (24 Mayo 1995): se presentaron una serie de explosiones que en las primeras semanas tenían un intervalo de aproximadamente un minuto, conforme se avanzaba en el tiempo se prolongó a cada 10 minutos y así sucesivamente hasta llegar a cada media hora. La actividad continuó hasta el día 15 de agosto teniendo como eventos aislados algunas explosiones magmáticas.
- Erupción volcán Cerro Negro (22 Noviembre 1995): se presentó la erupción sin haber dado señales previas de actividad sísmica. Se relacionó con el evento ocurrido entre mayo y agosto en donde se cree que el magma habiendo alcanzado la superficie lo que agilizó el proceso de salida en esta erupción.
- Erupción volcán San Cristóbal (19 Mayo 1997): desde el día 12 de mayo se empezó a presentar una actividad sísmica que llamó la atención en un punto intermedio entre el volcán San Cristóbal y el volcán Casita. Dicha actividad fue aumentando con el tiempo para llegar a presentarse una frecuencia de hasta 400 sismos al día con una intensidad cada vez creciente. Durante la noche del 19 de mayo comenzó la actividad eruptiva con explosiones de cenizas y gases, viéndose afectada la ciudad de Chinandega por la caída de cenizas. Las explosiones fueron perdiendo intensidad con el pasar del tiempo a pesar de que la actividad eruptiva duró hasta enero de 1998.
- Erupción volcán Telica (Mayo de 1999): desde febrero de 1999 se detectó sismicidad alta en la zona aledaña el volcán con más de 500 eventos al día. La etapa eruptiva en ésta oportunidad duró hasta el mes de diciembre cuando se presentaron las explosiones más fuertes. En agosto se detectó un lago de lava en el cráter.
- Erupción volcán Cerro Negro (5 Agosto 1999): desde el 4 de agosto comenzó a sentirse unos sismos asociados a actividad volcánica hacia las 10pm. Dichos eventos alcanzaron a llegar hasta magnitud 5 durante toda la noche pero no se presentó ninguna actividad volcánica. El día 5, a las 10am se presentó la abertura de la falla en el pie del volcán y se presentó la erupción con fontanas de lava. No se presentaron daños ni pérdidas humanas.
- Erupción volcán San Cristóbal (21 Noviembre 1999): la actividad sísmica del volcán empezó a presentar manifestaciones fuertes el día 20 de noviembre. El día 21 se presentó la actividad eruptiva al tenerse expulsiones de cenizas y gases que fue a lo que finalmente se limitó el evento a pesar que duró por varios días más. No se presentaron daños ni pérdidas humanas.
- Erupción volcán Concepción (26 Diciembre 1999): la actividad sísmica del volcán empezó a ser considerable el día 24 de diciembre. La erupción se limitó a explosiones de cenizas y duró por más de 10 días. No se presentaron daños ni pérdidas humana

## Mapas de amenaza volcánica

Las Figuras 11 a 22 presentan mapas de amenaza volcánica para caída de cenizas, flujos piroclásticos y flujos de lava para los volcanes Cerro Negro, Concepción, San Cristóbal y Momotombo en Nicaragua.

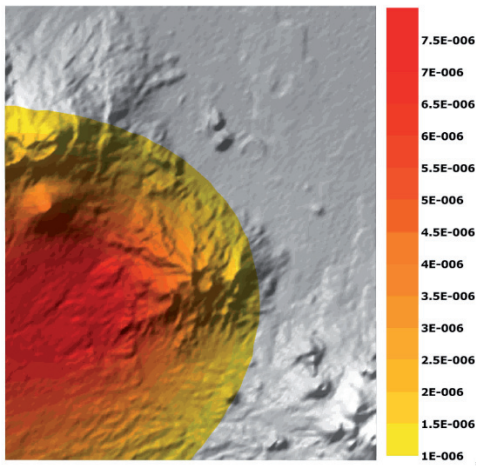


Figura 11 Volcán Cerro Negro caída de cenizas

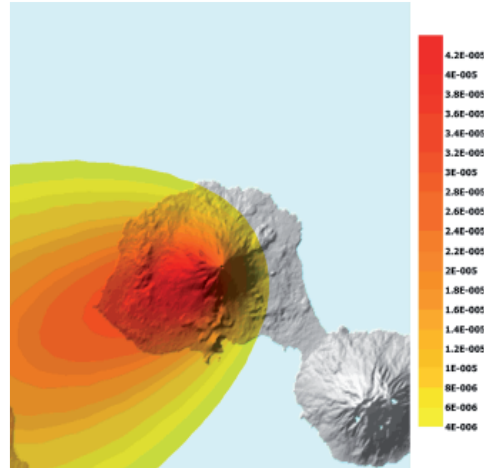


Figura 12 Volcán Concepción caída de cenizas

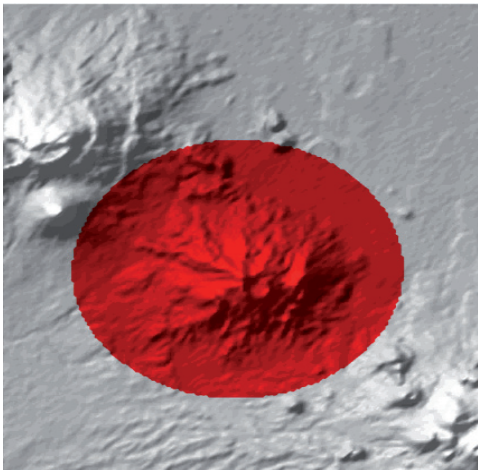


Figura 13 Volcán Cerro Negro flujos piroclásticos

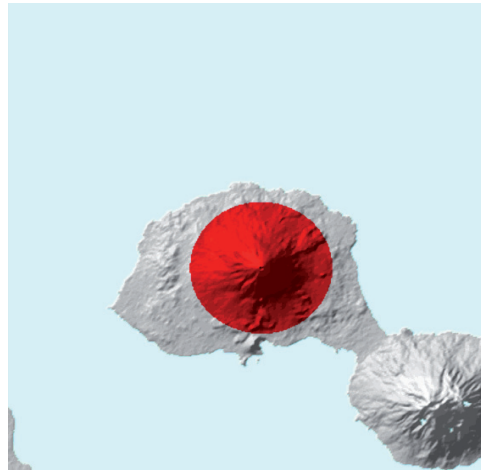


Figura 14 Volcán Concepción flujos piroclásticos

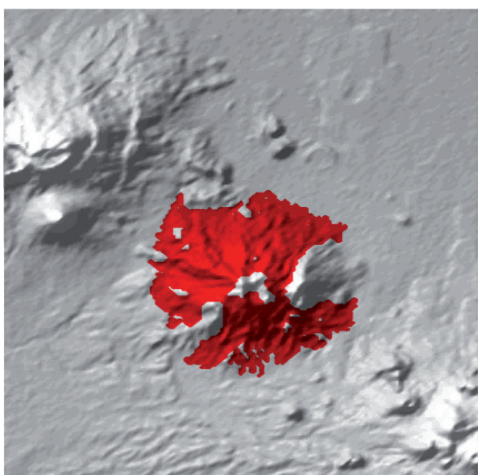


Figura 15 Volcán Cerro Negro flujo de lava

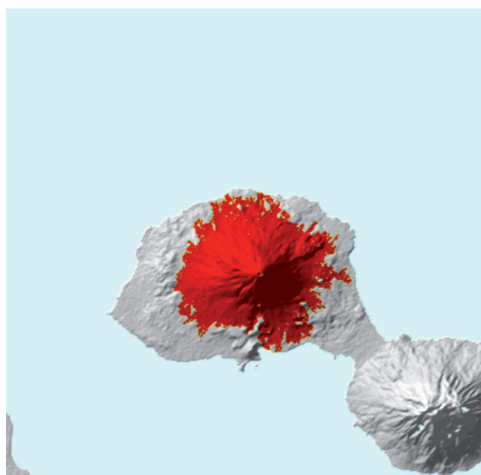


Figura 16 Volcán Concepción flujo de lava

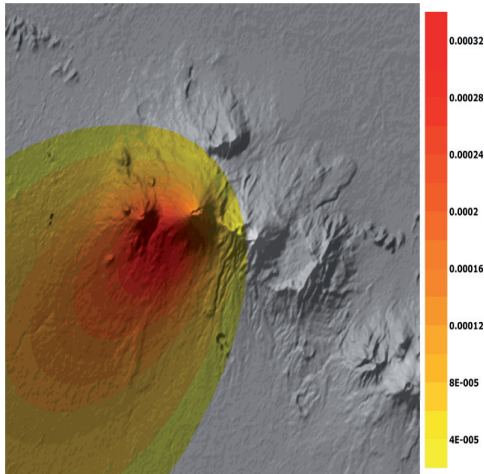


Figura 17 Volcán San Cristóbal caída de cenizas

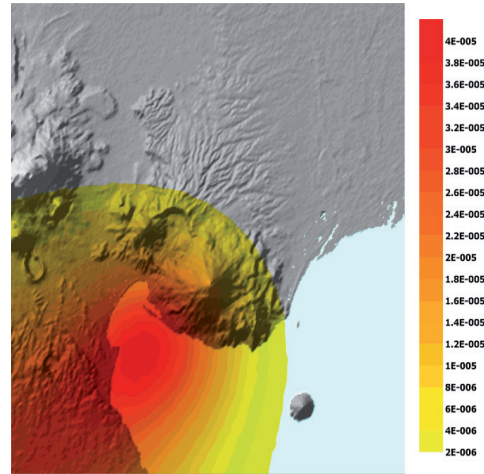


Figura 18 Volcán Momotombo caída de cenizas

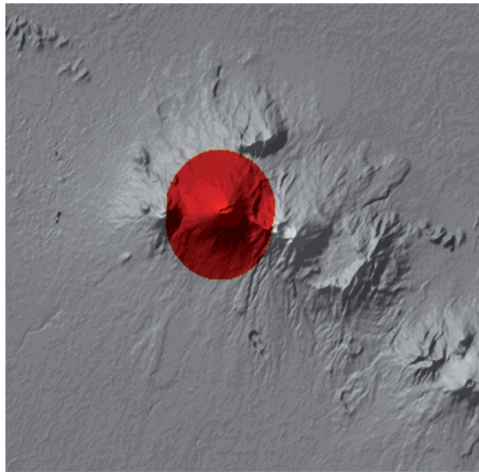


Figura 19 Volcán San Cristóbal flujos piroclásticos

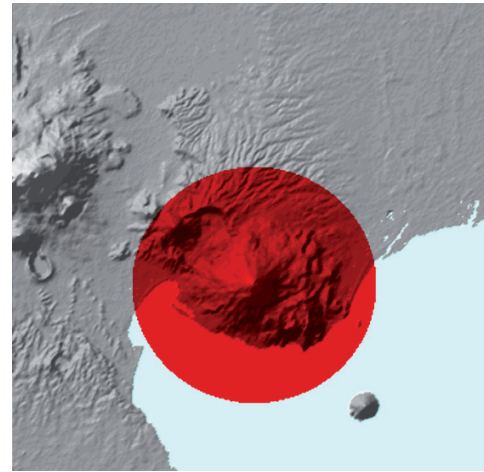


Figura 20 Volcán Momotombo flujos piroclásticos

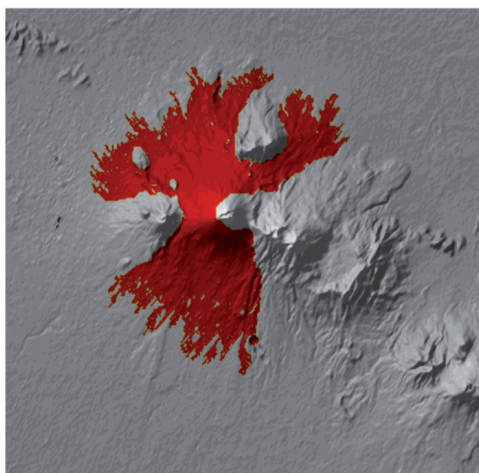


Figura 21 San Cristóbal flujo de lava

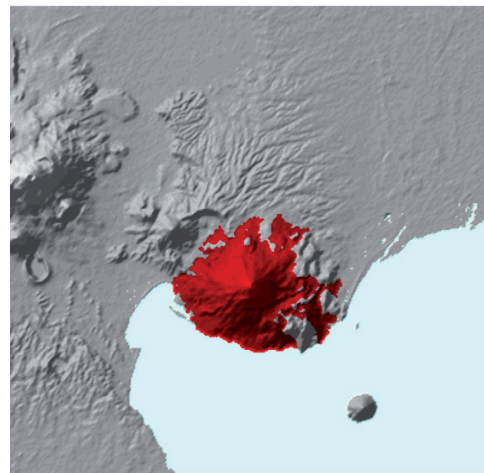


Figura 22 Volcán Momotombo flujo de lava

## Amenaza por deslizamientos

Los deslizamientos se definen como el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) en una zona con pendiente media o alta, debido a un aumento de peso, pérdida de la consistencia de los materiales, exceso de agua o cualquier factor externo que actúe como detonante y que genere un desequilibrio en las condiciones de estabilidad de la ladera.

La susceptibilidad de una zona a presentar inestabilidad depende de aspectos como el uso de la tierra, la deforestación, el manejo de aguas en la zona, las aguas subterráneas, las acciones antrópicas incluyendo obras de infraestructura cercanas o presencia de tuberías y otros sistemas, los aspectos climáticos no sólo instantáneos sino históricos, los procesos de deterioro o afectación del terreno y en general todos los factores locales, regionales, ambientales, climáticos o antrópicos que puedan afectar las condiciones de equilibrio de un terreno con una pendiente determinada.

Por otro lado la ocurrencia o no de un determinado deslizamiento depende de que se presente un evento detonante el cual está normalmente asociado a un régimen especial de lluvias, a un evento sísmico cercano o a un evento volcánico. También se han reportado casos de eventos detonantes debido a acciones de la naturaleza tales como efectos de socavación o crecientes de ríos que desestabilizan un determinado talud o efectos mismos de erosión. Dentro de los eventos asociados con la actividad del hombre y que se pueden convertir en detonantes, cabe mencionar la realización de excavaciones o movimiento de tierras, la rotura de tuberías, el manejo inadecuado de aguas, la sobrecarga en zonas inadecuadas, la colocación de rellenos sin compactación adecuada, la realización de cortes para construcción de carreteras entre otras.

Los tipos de inestabilidad del terreno que se pueden llegar a presentar son los siguientes:

- Caída: es el movimiento de rocas, principalmente a través del aire y en forma rápida sin dar tiempo a eludirlas.
- Volcamiento: consiste en el giro hacia delante de una o varias rocas ya sea por acción de la gravedad o presiones ejercidas por el agua.
- Deslizamiento: es el movimiento del suelo, generalmente por acción de una falla o debilidad del terreno y se puede presentar de dos formas:
  - Deslizamiento rotacional (hundimientos): son los desplazamientos de suelos o rocas blandas a lo largo de una depresión del terreno.
  - Deslizamiento translacional: consiste en movimientos de capas delgadas de suelo o rocas fracturadas a lo largo de superficies con poca inclinación
- Flujos de tierra: son movimientos lentos de materiales blandos. Estos flujos frecuentemente arrastran parte de la capa vegetal.
- Flujos de lodo: se forman en el momento en que la tierra y la vegetación son debilitadas considerablemente por el agua, alcanzando gran fuerza cuando la intensidad de las lluvias y su duración es larga.
- Reptación: es la deformación que sufre la masa de suelo o roca como consecuencia de movimientos muy lentos por acción de la gravedad. Se suele manifestar por la inclinación de los árboles y postes, el tensionamiento de las raíces de los árboles, el corrimiento de carreteras y líneas férreas y la aparición de grietas.

La Figura 23 presenta una clasificación general en tipos de deslizamiento.



Figura 23 Tipos de deslizamiento

## Factores que definen la ocurrencia del fenómeno

Los principales factores que contribuyen a la eventual ocurrencia de un movimiento de tierra son los siguientes:

- **Topografía:** los movimientos de tierra ocurren con mayor frecuencia en terrenos de pendiente pronunciada, y desprovistos de vegetación. Sin embargo dependiendo del tipo de suelo y de las demás condiciones geológicas y geotécnicas también pueden presentarse movimientos de tierra en terrenos con bajas pendientes y con vegetación.
- **Geología:** aporta un número de parámetros importantes para comprender la inestabilidad de las laderas.
- **Litología:** los tipos de rocas y la calidad de los suelos determinan en muchos casos la facilidad con que la superficie se degrada por la acción de los factores externos (meteorización, intemperismo, etc.).
- **Estructuras:** determinan zonas de debilidad (fallas, diaclasas y plegamientos), y la colocación de los materiales en posición favorable a la inestabilidad (estratos).
- **Geotecnia:** las propiedades geotécnicas de los suelos que conforman el talud son parámetros fundamentales que pueden contribuir a la inestabilidad de un talud. Dichas propiedades varían en función del tipo de suelo, del contenido de humedad, del confinamiento y de otros factores.
- **Lluvias:** los aspectos climáticos, y en particular la intensidad, duración y acumulación de lluvias en el tiempo, pueden favorecer la inestabilidad del subsuelo al aportar una suficiente cantidad de agua que genera la saturación de los suelos superficiales. Esto debido al aumento en el peso de suelo susceptible de deslizarse y a la presión que ejerce el líquido en los poros y fisuras del suelo. Simultáneamente, la presencia de agua en contacto con las partículas de suelo, genera por lo general un cambio en las propiedades de resistencia de los mismos, aumentando con esto la susceptibilidad a los deslizamientos. Finalmente las lluvias y la formación de corrientes de agua por la superficie (escorrentía superficial) favorecen los procesos de erosión, los cuales a su vez pueden detonar la ocurrencia de fenómenos de movimiento de tierra.
- **Sismicidad:** las vibraciones provocadas por sismos pueden ser lo suficientemente fuertes como para generar la inestabilidad de un talud aparentemente estable.
- **Vulcanismo:** es un elemento detonador de fenómenos de inestabilidad, tanto por la propia actividad volcánica (sismos vol-



cánicos y deformación del aparato volcánico), como por la acumulación progresiva de materiales fragmentarios (cenizas, bloques, etc.) que por sus características físicas favorecen la inestabilidad de los terrenos en áreas aledañas al aparato volcánico.

- Erosión: normalmente los periodos lluviosos prolongados traen consigo la ocurrencia de crecientes en ríos y quebradas los cuales por sus altos caudales generan actividad de erosión en los márgenes. Esta erosión y socavación lateral debilita la base de taludes adyacentes detonando con esto eventos de movimientos de tierra que en situaciones normales no se presentarían. En algunas ocasiones dichas inestabilidades pueden generar taponamientos parciales o totales de cauces de aguas con posibles consecuencias devastadoras al romperse dichos diques accidentales.
- Factores antrópicos: todos los fenómenos descritos anteriormente forman parte del natural equilibrio geológico y que puede romperse por la actividad constructiva y destructiva del hombre. De esta manera, el ser humano contribuye a provocar o acelerar estos fenómenos. Esto sucede, cuando la actividad humana se realiza sin una adecuada planificación, especialmente en obras viales (carreteras y puentes) explotación de tajos, desarrollos urbanísticos, rellenos mal hechos, corte en el perfil natural de laderas, deforestación, prácticas agrícolas deficientes en la conservación de suelos, entre otros. Todo esto promueve procesos de inestabilidad en suelos que en cierta medida son naturalmente vulnerables a esta clase de fenómenos y que tienen graves consecuencias en el futuro.

## Efectos de los deslizamientos

Por lo general, el efecto de los deslizamientos es catastrófico en la zona de influencia del mismo. Esto incluye la zona misma inestable, la corona y la zona donde se acumulan los materiales inestables.

Cualquier obra de infraestructura que esté ubicada o que de alguna manera atraviese o esté en contacto con la zona de influencia del deslizamiento sufrirá daño total, en el sector afectado.

La posible ocurrencia de efectos sobre la población depende directamente de la velocidad de ocurrencia del evento y de los signos de inestabilidad que el evento demuestre en los días previos a la ocurrencia del evento. Los fenómenos de alta velocidad que no presentan ningún tipo de aviso son por lo general catastróficos en términos de los efectos sobre la población.

## Eventos históricos relevantes

Los deslizamientos son más propensos a ocurrir en épocas de lluvias o cuando algún otro fenómeno meteorológico (como por ejemplo un huracán) genera altas precipitaciones. En Nicaragua existen dos casos históricos de tragedias debidas a deslizamientos.

- **Avalancha en el Volcán Casita:** ocurrida durante el paso del huracán Mitch que en los días de aproximación generó precipitaciones de 100mm al día para alcanzar un máximo de 500 el día 30 de octubre, el día del evento. La avalancha causó la destrucción total de los poblados El Porvenir y Rolando Rodríguez, de los cuales no quedó rastro alguno y todos sus habitantes murieron. Dichas poblaciones habían establecido poco tiempo atrás y desde un inicio se había advertido sobre el peligro de la localización debido al alto riesgo geológico.
- **Deslizamientos en el Cerro Musún:** se presenta el 25 de junio del 2004 en el Cerro Musún, aledaño al municipio Río Blanco en el departamento de Matagalpa. Esta vez las víctimas mortales fueron 25 pero miles de personas perdieron de forma total sus viviendas. Una vez más, la causa principal del deslizamiento fueron las fuertes lluvias que azotaron la zona que combinados por las laderas con alta pendiente generó el desastre.

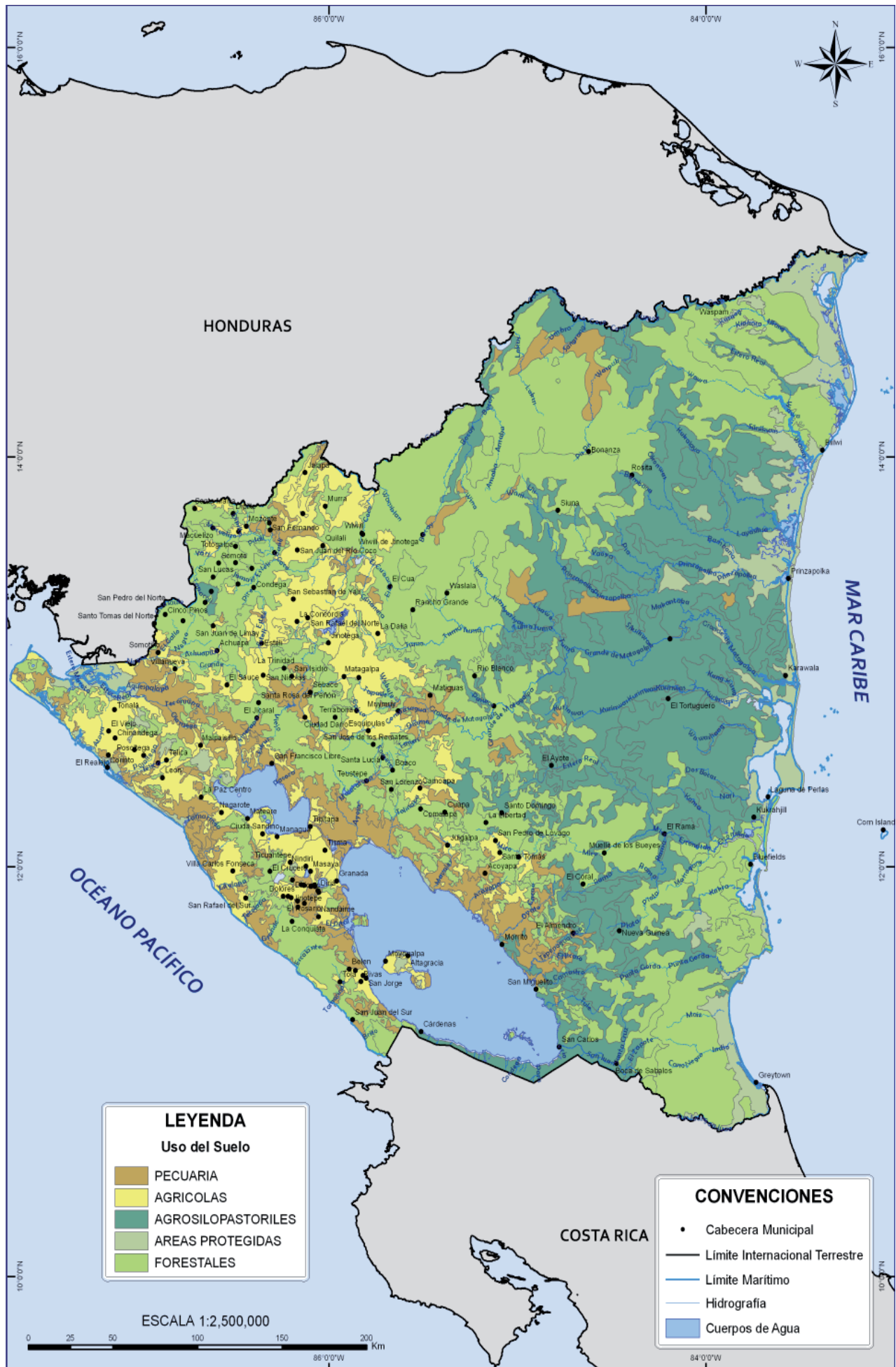
## Mapas de amenaza por deslizamiento

Los Mapas 24 a 27 presentan mapas de amenaza por deslizamiento a nivel nacional calculados por el método de Falla plana y Mora-Vahrson, para condiciones de suelo seco y saturado.

# Mapa 22 Ecosistemas de Nicaragua



# Mapa 23 Vocación de uso del suelo



Mapa 24 Factor de inseguridad, método falla plana condiciones secas



Mapa 25 Factor de inseguridad, método falla plana condiciones saturadas



Mapa 26 Factor de inseguridad, método Mora-Vahrson condiciones secas



Mapa 27 Factor de inseguridad, método Mora-Vahrson condiciones húmedas









# Las amenazas por fenómenos hidrometeorológicos

## Amenaza por huracán

Los huracanes corresponden a la categoría más fuerte de ciclones tropicales que son sistemas de tormentas con una circulación alrededor de un centro de baja presión. Se generan normalmente en la zona tropical del planeta, por lo cual se les conoce normalmente como ciclones tropicales y pueden recorrer miles de kilómetros, cambiando su intensidad en función de las condiciones oceánicas y meteorológicas que encuentran en su trayectoria.

Al presentarse el movimiento del aire caliente hacia arriba se genera un centro de baja presión, el cual absorbe el aire frío de la atmósfera fortaleciendo el ciclo. En el centro de baja presión el viento tiende a desplazarse hacia el centro, donde se acumula y asciende verticalmente. Al elevarse, la masa de aire se expande, pierde energía y se enfría. Si se dan las condiciones de temperatura y humedad necesarias, el vapor de agua del aire se condensa generando nubes. El fenómeno viene acompañado por fuertes vientos con alto poder destructivo y abundante lluvia que trae consecuencias graves en las zonas continentales generando deslizamientos e inundaciones.

El proceso de formación de los ciclones tropicales requiere por lo menos tres factores:

- Que la temperatura del agua del mar sea superior a  $27/28^{\circ}\text{C}$  generando una rápida evaporación y condensación en las capas superiores.
- Que la cuantía de la evaporación dé lugar a un centro de baja presión, de dimensión intermedia y de gran proyección vertical.
- Que exista una continua entrada de aire más frío en las capas altas como consecuencia por ejemplo de los vientos alisios.

Las depresiones tropicales pueden o no desarrollarse en sistemas ciclónicos relevantes dependiendo de las condiciones físicas y ambientales dominantes en la región y momento en que se generan. Cuando estas depresiones tropicales embrionarias encuentran las condiciones apropiadas pueden desarrollarse y generar tormentas tropicales o huracanes. Todos estos eventos se originan bajo condiciones meteorológicas similares y exhiben el mismo ciclo de vida. Las distintas etapas del desarrollo de estos procesos están definidas por la "velocidad sostenida" de los vientos del sistema, los niveles de velocidad del viento que se mantienen por lo menos durante un minuto, cerca del centro del sistema. En función de la velocidad máxima sostenida, los eventos se clasifican en depresiones tropicales o huracanes, la forma más severa de tormenta tropical. La Tabla 3 resume las categorías de ciclones tropicales de acuerdo con la escala Saffir-Simpson.

# PROVISIONAL

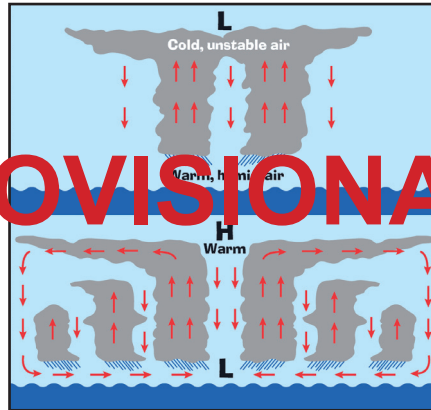


Figura 24 Esquema de formación de huracanes

El decaimiento ocurre cuando la tormenta llega a aguas no tropicales o cruza una masa de tierra. Si se desplaza a un ambiente no tropical se le conoce como una tormenta subtropical ó depresión subtropical. Si lo que ocurre es el desplazamiento sobre tierra, los vientos se desaceleran y nuevamente se convierten en una tormenta y depresión tropical.

El huracán en plena madurez está conformado por las siguientes partes:

- Ojo del huracán: es la zona central del huracán. Se caracteriza por presentar vientos débiles, poca presencia de nubes y precipitación ligera. Puede llegar a presentar 20 a 35 km de ancho y se desplaza a velocidades entre 20 y 35 km/h.
- Pared del ojo: en torno al ojo del huracán, se encuentra una zona de nubes en la cual se presentan los vientos más fuertes y las lluvias más intensas.
- Alrededor de la pared del ojo: son las zonas adyacentes con amplia presencia de nubes y en las cuales los vientos tienen una dirección hacia el centro del huracán, aumentando la humedad y el calor de éste.

Tabla 3 Categorías de ciclones tropicales

Tipo	Categoría	Presión	Velocidad del viento		Marea	Potencialidad de Daño	Color
		(mbar)	(knot)	(mph)	(ft)		
Depresión	TD	-	< 34	< 39	-	-	Verde
Tormenta tropical	TS	-	34-63	39-73	-	-	Amarillo
Huracán	1	> 980	64-82	74-95	04-may	Destructivo	Rojo
Huracán	2	965-980	83-95	96-110	06-ago	Muy destructivo	Rojo claro
Huracán	3	945-965	96-112	111-130	09-dic	Altamente destructivo	Magenta
Huracán	4	920-945	113-135	131-155	13-18	Enormemente destructivo	Magenta claro
Huracán	5	< 920	>135	>155	>18	El más destructivo	Blanco

## Efectos de los huracanes y parámetros de intensidad

Los principales efectos que pueden llegar a producir los huracanes y los parámetros correspondientes de intensidad son los siguientes:

- a. **Vientos fuertes:** los vientos fuertes de más de 119 km/h pueden producir daños y efectos importantes sobre construcciones, infraestructura, cultivos y en general cualquier tipo de elemento que se encuentre por encima de la superficie del terreno. El parámetro de intensidad que se utiliza es la velocidad máxima de viento sostenida en ráfagas medidas durante 3 segundos.
- b. **Lluvias torrenciales:** la zona de influencia del huracán se caracteriza por la ocurrencia de precipitaciones intensas. Estas precipitaciones generan saturación en los suelos ubicados en pendientes y deterioro de las propiedades de resistencia de los mismos generando con esto deslizamientos de alto poder destructivo. La cantidad de agua puede generar también intensas inundaciones con consecuencias graves para la población, para la infraestructura expuesta y para los cultivos y actividades agropecuarias. El parámetro de intensidad que se utiliza es la intensidad de precipitación puntual.
- c. **Marea de tormenta:** la velocidad de los vientos y los cambios de presión generan por lo general cambios importantes en los niveles del mar y olas de gran tamaño, lo cual desencadena importantes inundaciones en las zonas costeras bajas y daños importantes a toda la infraestructura que se encuentra en esta zona, especialmente a las construcciones en la primera línea de ataque de la marejada. El parámetro de intensidad que se utiliza es la altura máxima de ola, lo cual permite evaluar la profundidad máxima de inundación y la zona susceptible a ser inundada.

Los ciclones tropicales generan importantes consecuencias cuando afectan zonas costeras e islas como enfermedades, cortes en los servicios de agua, alcantarillado, energía, comunicaciones, suministros, transportes de crudos, gas o derivados del petróleo y otros. Por esta razón su intensidad y frecuencia significan una importante amenaza para los países en su área de influencia. Actualmente existen estudios que señalan que el cambio climático está aumentando la frecuencia y la intensidad de este tipo de eventos, por lo cual se espera que su recurrencia aumente y por lo tanto sus consecuencias.

## Eventos históricos relevantes

A través de los años, varios huracanes de categoría considerable han golpeado a Nicaragua trayendo consigo pérdidas tanto humanas como económicas. A continuación se presenta una breve descripción de los eventos que han afectado el país así como sus principales consecuencias:

- **Tormenta tropical Bret (1993):** Fue la segunda tormenta de la temporada de huracanes de 1993, a pesar de no haber avanzado hasta la categoría de huracán, causó fuertes daños e innumerables estragos en su paso. Alcanzó velocidades máximas de viento de hasta 95 km/h.
- **Huracán Cesar-Douglas (1996):** Fue la tercera tormenta de la temporada de 1996, atravesó el país de costa a costa causando estragos a su andar dejando 67 personas muertas y obligando a declarar como área de desastre los puntos más afectados. Una vez en el Pacífico, se convirtió en huracán alcanzando la categoría 4 en mar abierto.
- **Huracán Mitch (1998):** Este huracán ha sido uno de los más destructivos que se tenga registro. Se inició como una tormenta tropical en muy poco tiempo, por las condiciones favorables para su fortalecimiento, se convirtió en huracán categoría 5 debilitándose poco antes de llegar a Honduras. Un agravante que tuvo este fenómeno fue la lenta velocidad de desplazamiento que tuvo, causando fuertes lluvias en Nicaragua con precipitaciones de hasta 1270 mm según los reportes. El huracán como tal no entró a territorio nicaragüense pero tuvo catastróficos efectos a su paso por Honduras. La ladera del volcán Casita, debido a las fuertes lluvias tuvo un deslizamiento que cubrió un área de 128 km<sup>2</sup>. El número de afectados por el evento se estima en 2 millones de personas, debido a los efectos en viviendas, escuelas y centros de salud o debido a interrupciones en el servicio de sistemas de alcantarillado y electricidad. Las vías quedaron en un 70% afectadas por el evento, al quedar prácticamente inutilizables y se contabilizaron 71 puentes destruidos o fuertemente dañados. Las reparaciones requirieron la intervención sobre 2700 km de carreteras y caminos incluyendo la Carretera Panamericana. Las muertes asociadas al evento se estiman del orden de 3800 personas de las cuales 2000 se asocian con el deslizamiento del volcán

Casita. Como ocurre en la mayoría de estos eventos, la agricultura resultó fuertemente afectada, generándose pérdida de cultivos así como la muerte de un gran número de cabezas de ganado.

- Huracán Beta (2005): Sabiendo de antemano que la temporada de tormentas tropicales del año 2005 ha sido la más larga en cuanto a la cantidad de eventos, el huracán Beta es el evento número 13 de la temporada del 2005 ocupando el séptimo lugar en relevancia dentro de ese año. En Nicaragua ingresó a tierra en la localidad de Barra del Río Grande en la RAAS. Alcanzó a tener velocidades de hasta 185 km/h.
- Huracán Félix (2007): Fue la sexta tormenta de la temporada del 2007; en sus inicios amenazó con convertirse en un fuerte huracán al haber alcanzado la intensidad máxima en la escala Saffir-Simpson justo antes de entrar a la costa de Nicaragua. Una vez entró en territorio nicaragüense disminuyó su intensidad hasta alcanzar la categoría de tormenta tropical. A su paso por Nicaragua causó 159 muertes y produjo más de 600 000 damnificados según las fuentes oficiales, lo anterior debido a la fiereza con la que entró al territorio y al haber alcanzado vientos de hasta 260 km/h. La forma de prevención del evento por parte de las entidades oficiales fue adecuada al haberse declarado la alerta roja en toda la costa Caribe del país y además al haberse decretado la RAAN en estado de alerta.

## Mapas de amenaza

Se evaluó la amenaza de diferentes eventos asociados a los huracanes entre los cuales se encuentran:

- Viento huracanado
- Lluvia huracanada
- Marea de tormenta

Los Mapas 28 a 31 presentan mapas de amenaza por viento huracanado probabilistas en términos de velocidad del viento para diferentes períodos de retorno, 50, 100, 500 y 1000 años.

Los Mapas 32 a 35 presentan mapas de amenaza por lluvia huracanada probabilistas en términos de precipitación por hora para diferentes períodos de retorno, 50, 100, 500 y 1000 años.

Los Mapas 36 a 39 presentan mapas de amenaza por marea de tormenta probabilistas en términos de altura de la ola para diferentes períodos de retorno, 200, 500, 1000 y 2500 años.

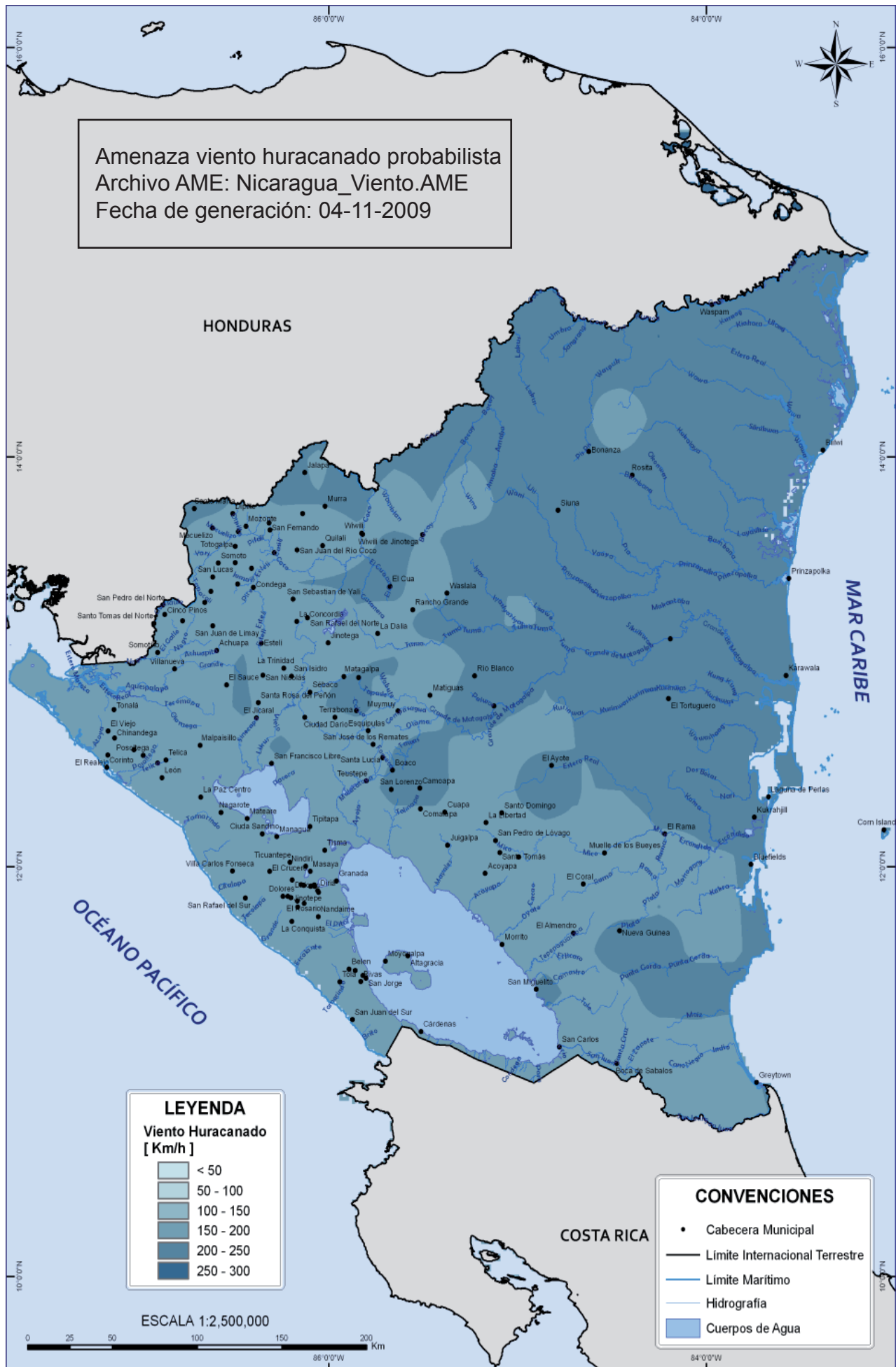
Mapa 28 Velocidad del viento, período de retorno: 50 años



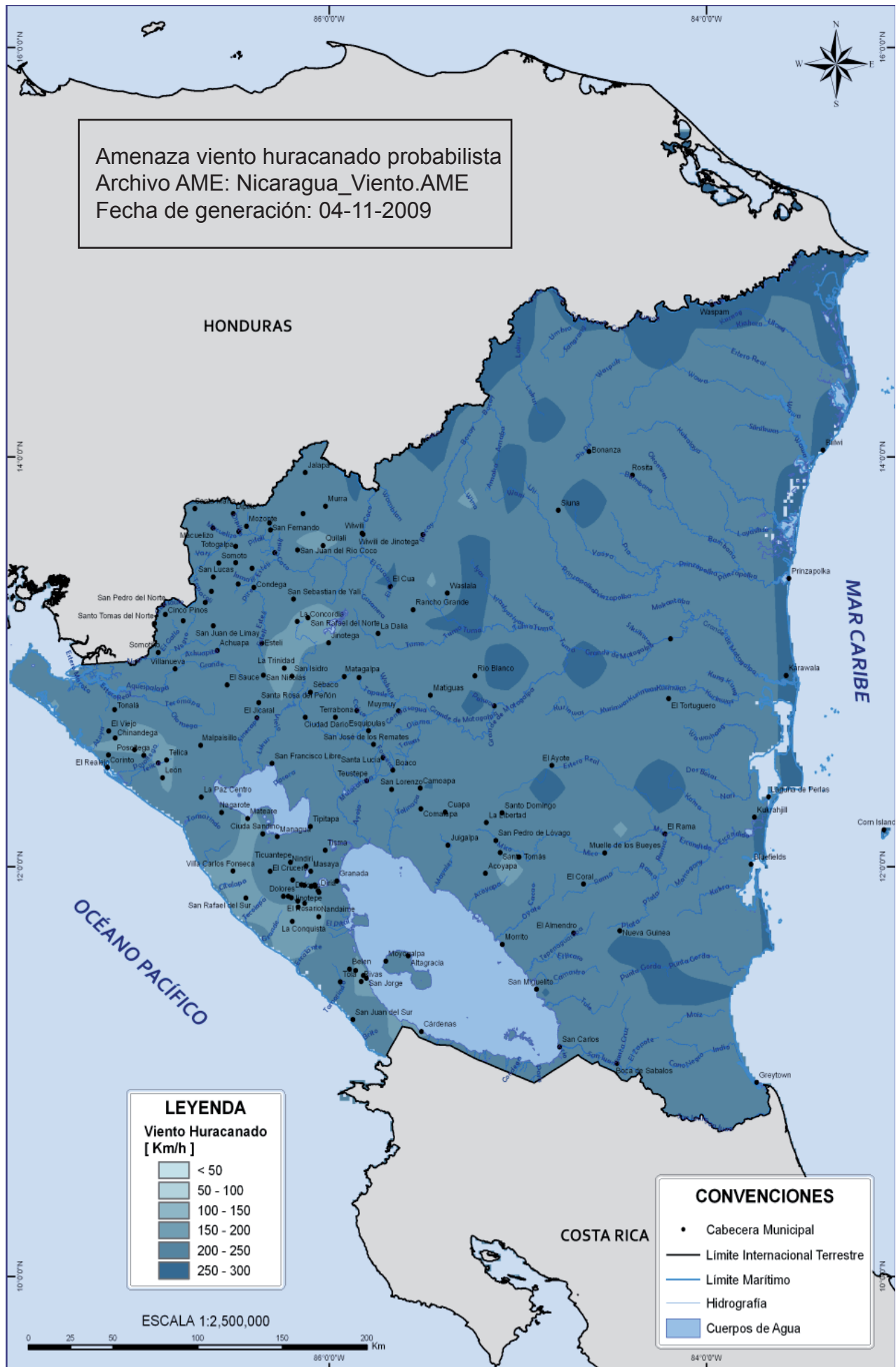
Mapa 29 Velocidad del viento, período de retorno: 100 años



Mapa 30 Velocidad del viento, período de retorno: 500 años



Mapa 31 Velocidad del viento, período de retorno: 1000 años





Mapa 32 Lluvia por huracán, período de retorno: 50 años



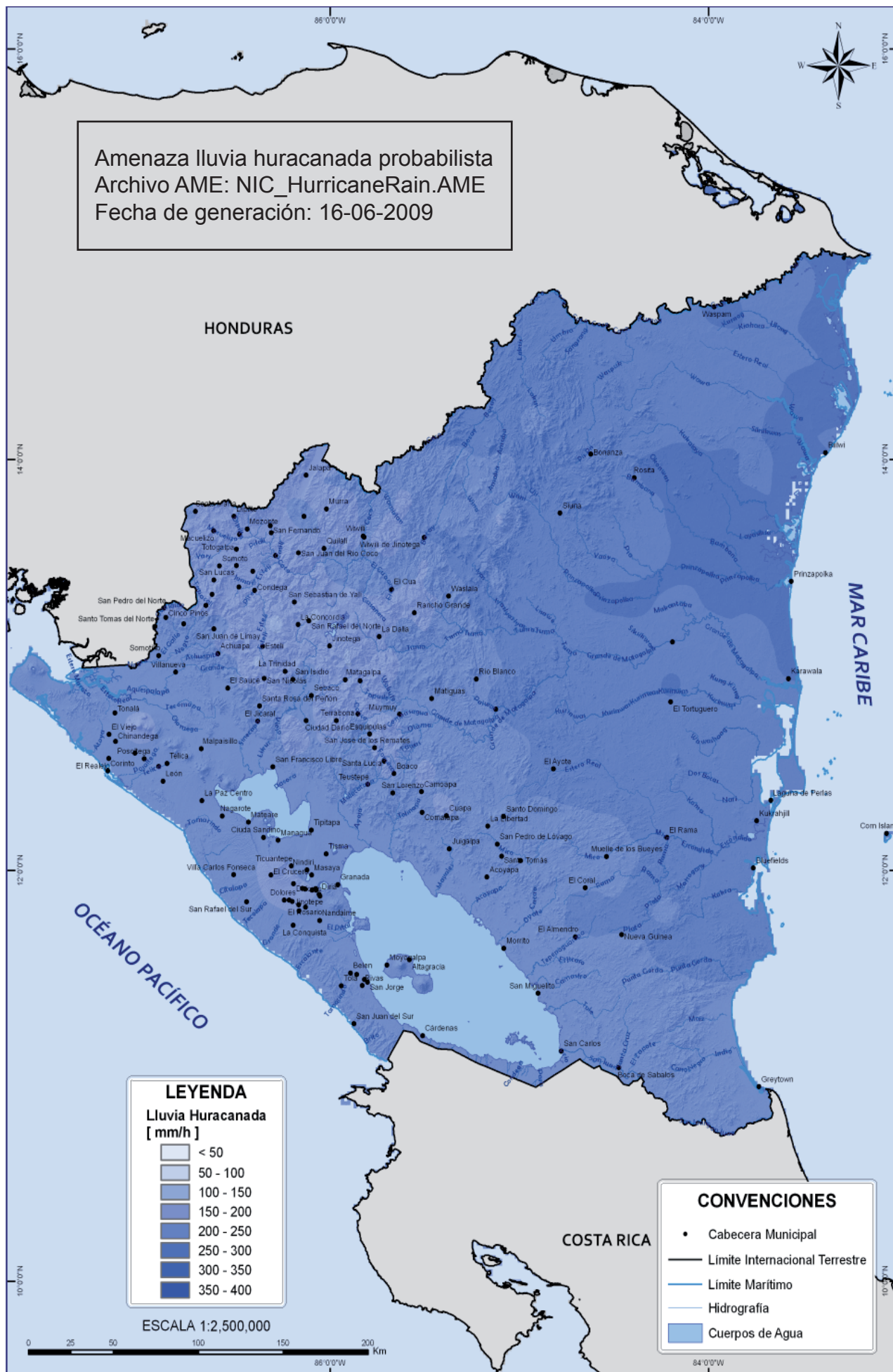
Mapa 33 Lluvia por huracán, período de retorno: 100 años



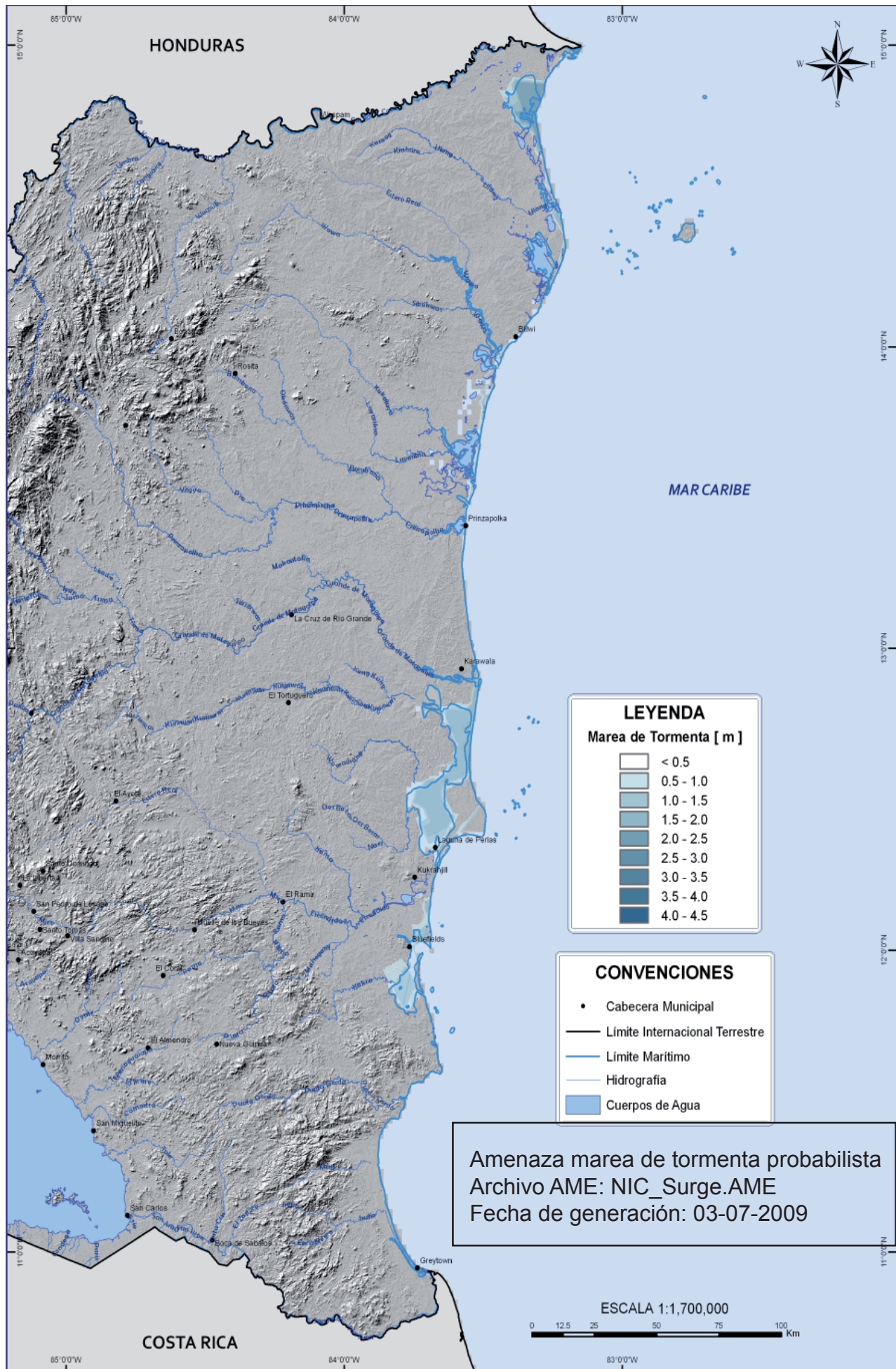
Mapa 34 Lluvia por huracán, período de retorno: 500 años



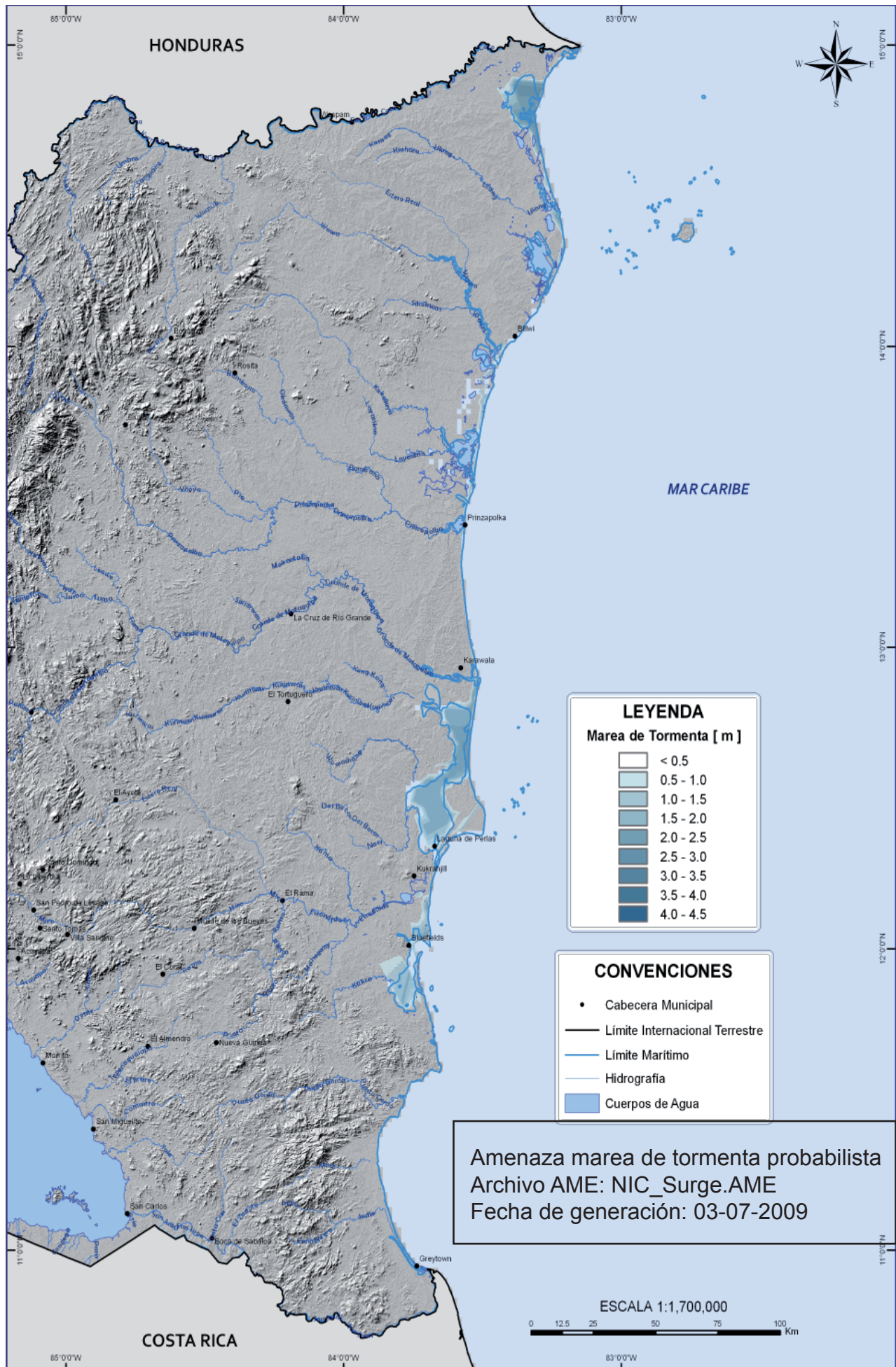
Mapa 35 Lluvia por huracán, período de retorno: 1000 años



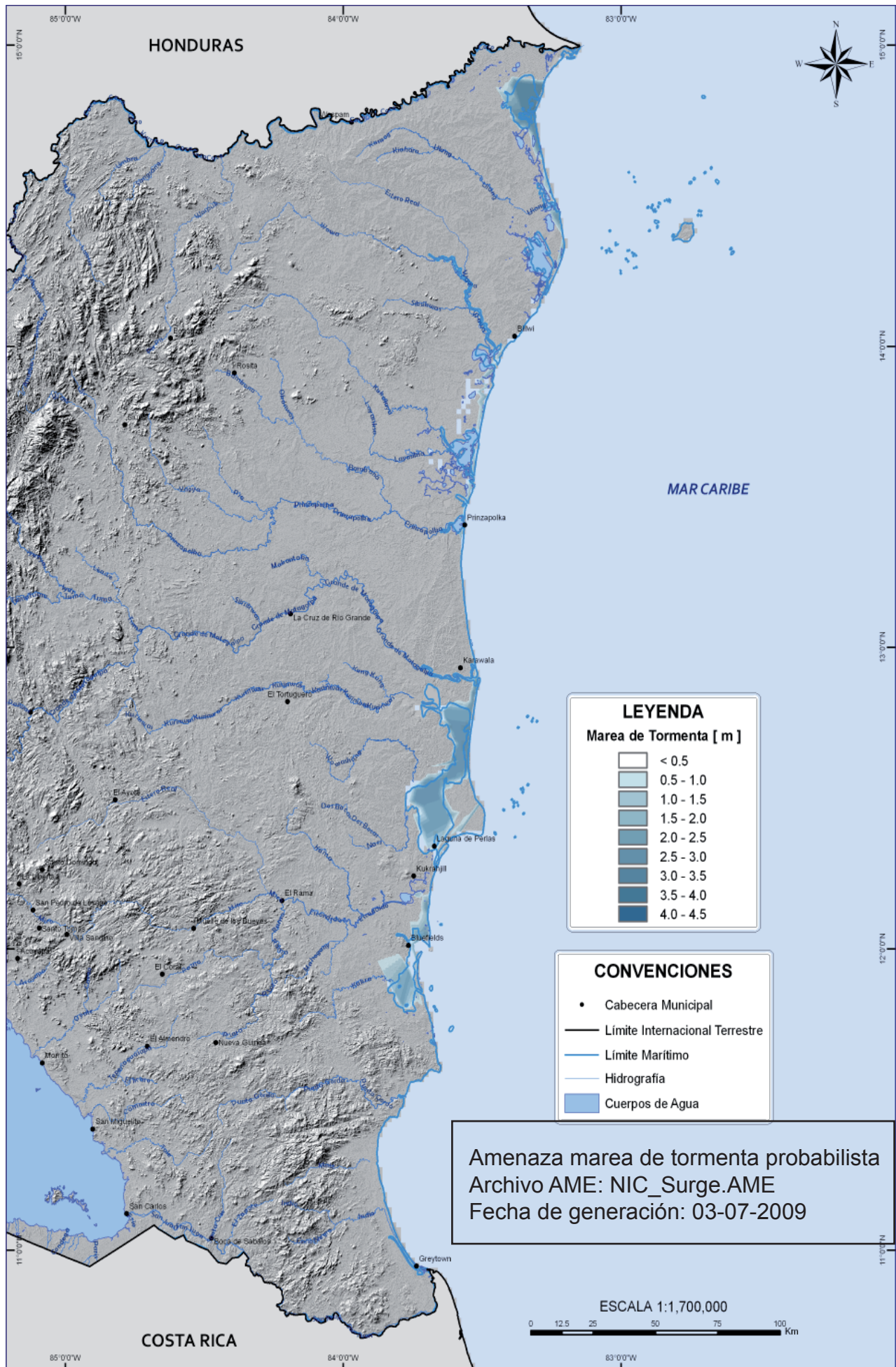
Mapa 36 Marea de tormenta, Costa Atlántica, período de retorno: 200 años



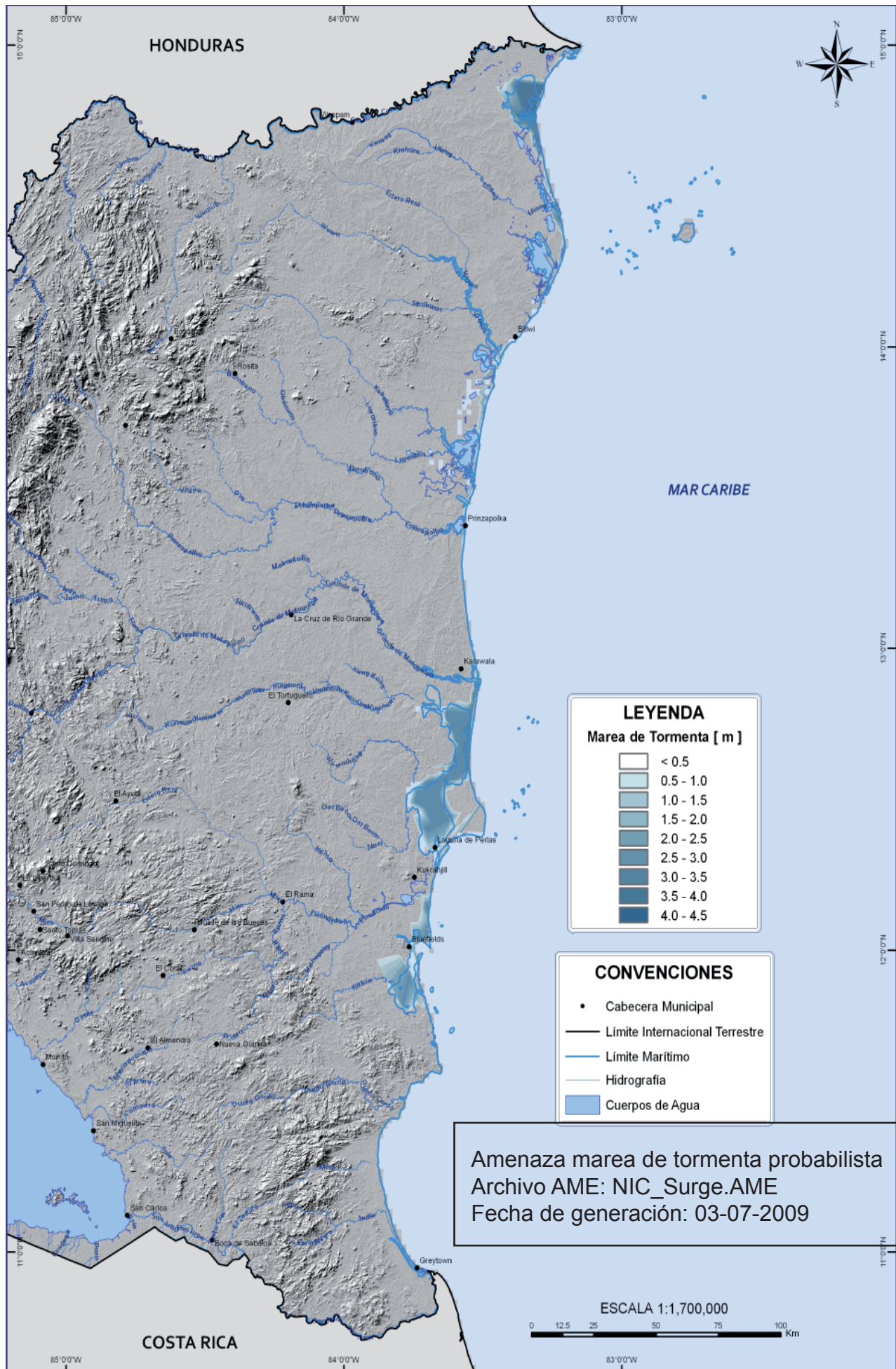
Mapa 37 Marea de tormenta, Costa Atlántica, período de retorno: 500 años



Mapa 38 Marea de tormenta, Costa Atlántica, período de retorno: 1000 años



Mapa 39 Marea de tormenta, Costa Atlántica, período de retorno: 2500 años





## Lluvias intensas

La lluvia es un término ligado al concepto de precipitación, el cual se define como la caída directa de agua en estado líquido o sólido sobre la superficie terrestre. El término precipitación incluye la lluvia, la llovizna, el granizo y la nieve. No obstante, para efectos de evaluación del riesgo en zonas tropicales se hace referencia únicamente a las lluvias intensas, pues estas constituyen los eventos pluviales más significativos en la hidrología de estas zonas. Las lluvias o precipitaciones intensas desencadenan procesos hidrológicos que pueden llegar a ser catastróficos, como las inundaciones, los deslizamientos o los aludes torrenciales. Adicionalmente, dichos procesos en combinación con otros como por ejemplo los sismos, pueden generar situaciones catastróficas extraordinarias. Estas precipitaciones se diferencian de las directamente asociadas con huracanes las cuales tienen un tratamiento independiente.

La lluvia es un proceso atmosférico iniciado con la condensación del vapor de agua en las nubes. Según la definición oficial de la Organización Meteorológica Mundial la lluvia es la precipitación de partículas de agua líquida de diámetro mayor de 0.5 mm o de gotas menores pero muy dispersas. Si no alcanza la superficie terrestre no se califica como lluvia sino como virga y si el diámetro es menor se califica como llovizna.

La fuente principal de las lluvias son las nubes, pero no se llegan a producir hasta que las partículas diminutas de agua que las constituyen se unen entre sí y alcanzan un tamaño suficientemente grande como para vencer la fuerza ascendente de las corrientes atmosféricas. La posibilidad que se produzca la lluvia depende de tres factores principales: la presión atmosférica, la temperatura y especialmente la radiación solar.

### Parámetros de intensidad

El parámetro de intensidad de las lluvias intensas es la altura de columna de agua a nivel de una ubicación geográfica determinada. La amenaza de lluvia intensa se representa entonces mediante una distribución geográfica de intensidades puntuales para una duración de tormenta definida. Se generan entonces distribuciones geográficas de tormentas que obedecen ellas a las características hidrológicas de la zona de acuerdo con los registros históricos disponibles.

### Régimen de lluvias en Nicaragua

En Nicaragua se presentan 3 patrones claramente diferenciables de lluvias, uno para la costa pacífica, otro para el territorio central y finalmente otro para la costa Caribe. Para la costa Pacífica la precipitación media anual está por el orden de los 1905 mm, en la zona centro en el orden de 2210 mm y en la zona Caribe del país en el orden de los 3810 mm. La Figura 25 ilustra las precipitaciones medias mensuales en las diferentes zonas, mientras que el Mapa 40 ilustra las precipitaciones medias anuales en cada zona.

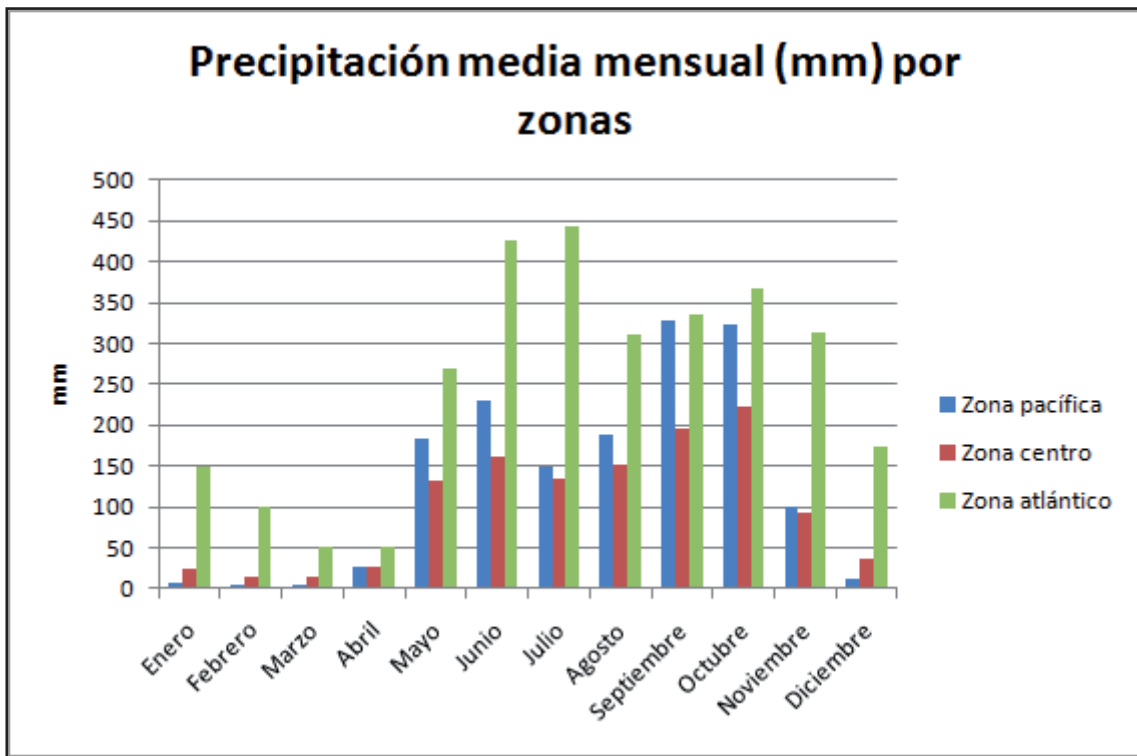


Figura 25 Precipitación media por zonas en Nicaragua

## Mapas de amenaza por lluvias intensas

Las Figuras 42 a 45 presentan los mapas de amenaza de inundación por lluvias intensas para la cuenca del Río San Juan.

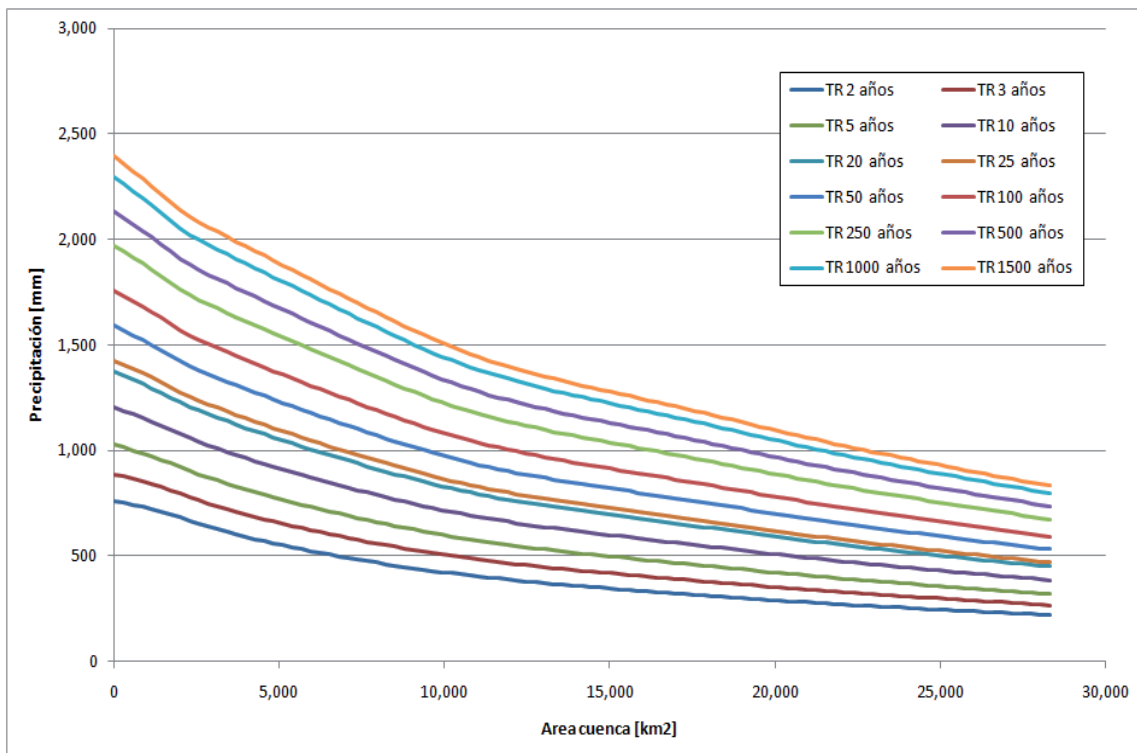
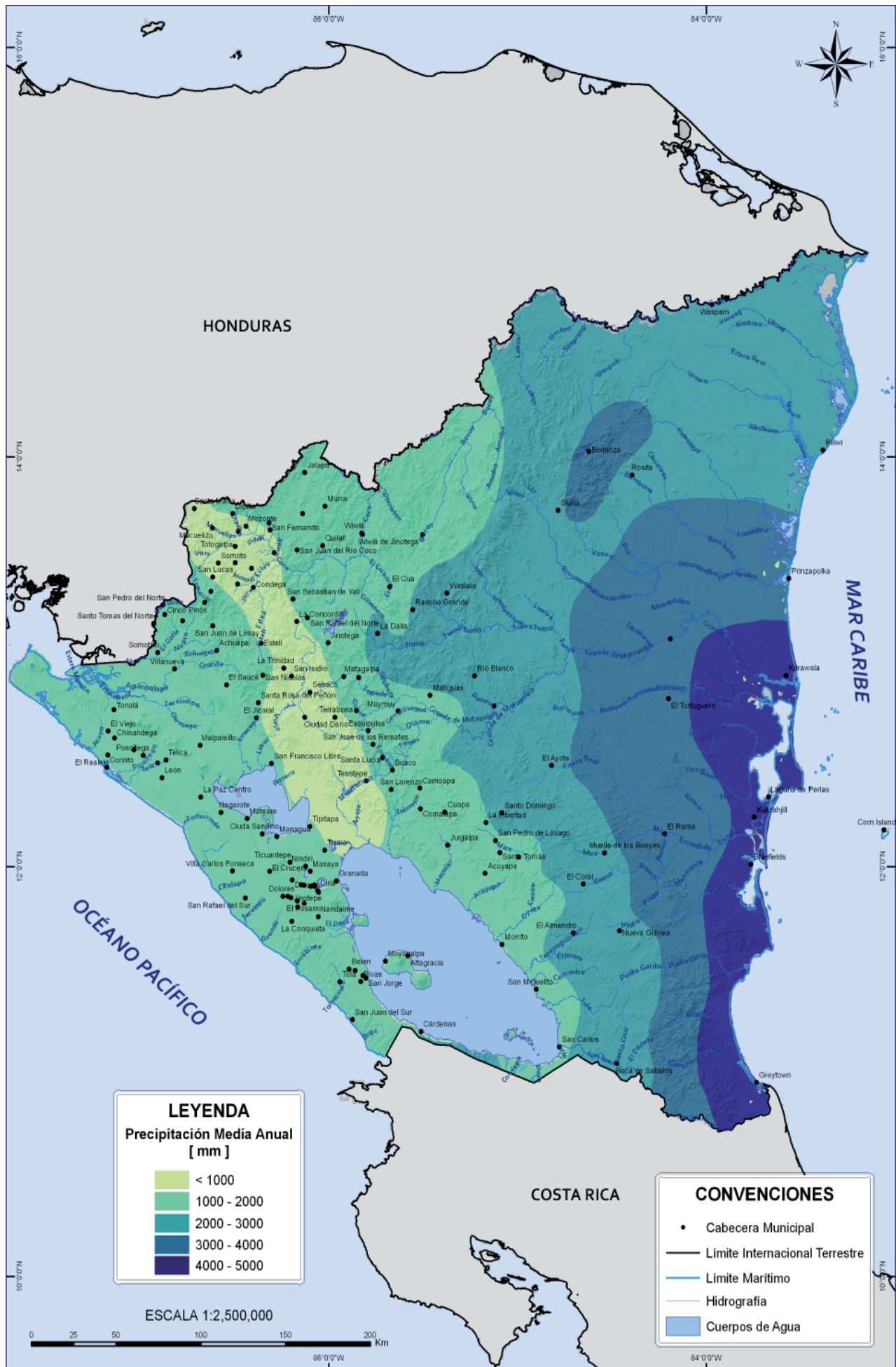


Figura 26 Curvas Precipitación-Área-Duración-Frecuencia (PADF) cuenca San Juan para diferentes periodos de retorno

Mapa 40 Precipitación media anual



## Amenaza de inundación

Una inundación se define como la ocupación del agua de zonas que normalmente están libres de ella. Los procesos de inundación pueden ocurrir bien sea por el desbordamiento de ríos, por el crecimiento de la marea o por eventos como por ejemplo un tsunami que crea una inundación súbita en la zona costera.

La principal causa de las inundaciones por desbordamiento son precipitaciones intensas que combinados con condiciones topográficas y del terreno hacen que una zona sea propensa a inundarse. Las inundaciones no se producen por la acumulación local del agua sobre el lugar en donde se precipita. De hecho, de no fluir dicha agua, aún para casos importantes (láminas de 250 mm), la acumulación local apenas alcanzaría unos 30 cm de altura. El peligro de inundación real se genera cuando importantes volúmenes de agua fluyen hacia áreas de terreno concentrándose en cañadas, arroyos, ríos, lagos, presas y lagunas costeras, y en general zonas que no tiene pendiente suficiente o que no tienen la capacidad suficiente para transportar dicha agua.

Se entiende por cuenca (hidrográfica) la superficie del terreno sobre la cual drenan las aguas fluviales hacia un cuerpo de agua superficial (río, océano, lago, laguna, etc.). La delimitación entre cuencas ocurre por razones topográficas que separan el drenaje que fluye por un área determinada del que drena en las áreas vecinas. Por lo tanto el área de influencia a estudiar para efectos de inundaciones son las cuencas asociadas a los puntos o zonas donde se desee determinar el potencial de inundación.

Los flujos extraordinarios de agua o lodos a través de cañadas, arroyos o ríos se llaman avenidas torrenciales o aludes torrenciales. Una avenida torrencial se caracteriza por el paso de caudales superiores a los normales en los ríos de alta pendiente, que dan lugar a elevaciones en los niveles de agua por encima de los valores máximos recurrentes y con la posibilidad de producir el desbordamiento del cauce e impactos en la conformación general del cauce y de las zonas aledañas. Este es un proceso natural (que en algunos casos puede ser detonado por la actividad antrópica) al cual no se le asigna periodicidad, es decir, no tiene un período de recurrencia especificado, y que presenta consecuencias ambientales debido a los incrementos repentinos del caudal en los ríos y quebradas. La avenida torrencial es la que da lugar a la inundación de tipo aluvial rápida o torrencial.

Estos incrementos extraordinarios del caudal pueden generar consecuencias ambientales muy diferentes a las de los procesos de tránsito hidráulico normal, ya que se sobrepasa la capacidad hidráulica de los ríos, por ende acelerando y modificando los procesos normales de erosión, transporte y sedimentación en la cuenca.

En zonas montañosas se presentan avenidas súbitas, (también denominadas inundaciones de alta pendiente, aludes torrenciales, flujos de escombros o avalanchas), las cuales son eventos muy rápidos y violentos, con gran capacidad de erosión y transporte, con un tiempo de concentración mínimo, difíciles de predecir, de muy corto tiempo de reacción y producidos por precipitaciones de fuerte intensidad horaria o por fenómenos ajenos a la cuenca como por ejemplo la ruptura de presas o erupciones volcánicas, el deshielo de picos nevados o sismos intensos que generan la falla de taludes en zonas inestables y húmedas.

Por su misma naturaleza, este tipo de procesos pueden generar impactos importantes a las poblaciones, infraestructura y terrenos adyacentes y cercanos al cauce del río o quebrada. Representan en sí un grave peligro a la población de las riberas de los ríos caudalosos. Debido a su alta capacidad de transporte, las avenidas torrenciales presentan altos grados de concentración de sólidos, lo cual aumenta la capacidad destructiva y de arrastre y eleva los niveles de agua.

El flujo de partículas suspendidas en el agua a gran velocidad tiene gran poder de destrucción de erosión debido a la combinación entre alta concentración de sólidos y velocidad. El flujo de partículas es un flujo de dos fases compuesto de agua, arena, gravas y cantos rodados. Estos flujos pueden transportar desde arcillas hasta cantos rodados teniendo como resultado una composición no uniforme.

La velocidad y el tiempo de duración de la creciente determinan las características de la misma. Estos parámetros que caracterizan el flujo varían continuamente en el tiempo y en el espacio, desde su origen hasta el final. Estas diferencias se ven reflejadas en los hidrogramas de las crecientes, los cuales representan la variación en el tiempo del caudal de agua en un punto determinado. Los hidrogramas se caracterizan por tener una curva ascendente que refleja un rápido proceso de concentración de caudal, luego

una punta de crecida y finalmente una curva descendente que refleja el descenso de las aguas.

Por su parte los aludes torrenciales, corresponden a flujos extraordinarios con capacidad de arrastrar lodos y detritos en altas proporciones y que son generados por lluvias intensas, deslizamientos de gran magnitud, rotura de represamientos, erupción volcánica (lahares), deshielo de nevados o cualquier otro evento detonante de alta potencialidad. Hidráulicamente hablando, el cauce por donde transitan un alud torrencial se puede subdividir en cuatro zonas principales:

- Zona de generación de la alud torrencial (evento generador y formación de lodos)
- Zona de transporte (conducción y deslizamiento)
- Zona de transición e inicio del depósito
- Zona de depósito final

La magnitud del alud torrencial va a depender de la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia o del volumen inicial de agua proporcionada por el evento detonante extraordinario o de la intensidad del sismo y/o erupción volcánica. A medida que el agua y material proporcionado por el evento detonante comienza su movimiento, se inicia el arrastre de material, el cual a su vez se va mezclando con el agua para formar los lodos. Estos lodos posteriormente se mezclan con las corrientes naturales, las cuales, dependiendo de su capacidad de transporte, depositan o arrastran el material a las zonas de transporte. En las zonas de transporte, el flujo sigue arrastrando material del lecho y de las laderas e incluso siga recibiendo aportes de sedimento de los tributarios. Esta zona generalmente se caracteriza por tener pendientes altas que permiten que el material sea transportado. Luego viene una zona de transición, en la cual las pendientes del cauce disminuyen, con lo cual la velocidad del flujo también disminuye y se inicia un proceso de depositación del material transportado por la corriente, primero las partículas de mayor tamaño. Finalmente, cuando el alud torrencial llega a las planicies y la pendiente es muy pequeña se produce el depósito total del material transportado.

En el frente del alud torrencial se presenta una profundidad mayor que la del flujo que sigue, llamada "cabeza" del alud torrencial. En esta se presenta una mezcla intensa y el rompimiento de olas muy importantes en el control del alud torrencial. Dependiendo de la superficie sobre la cual se mueva el alud torrencial dependerá el tamaño de la cabeza. Cuando el alud torrencial transita sobre una pendiente, el tamaño relativo de la cabeza aumenta con el ángulo de la pendiente. Para el caso de una superficie horizontal, la cabeza del alud torrencial permanece casi constante.

Las superficies inclinadas de las zonas montañosas juegan un papel importante en la formación y desarrollo de un alud torrencial. No importa que pendiente tenga la ladera, la velocidad del flujo del frente, para una tasa de flujo dada, es casi constante y tiene un valor aproximado de 60% de la velocidad media. Para entender porqué la velocidad de flujo varía poco con la pendiente hay que pensar que aunque las fuerzas gravitacionales aumentan, las entradas en la cabeza del alud torrencial y en el flujo que viene detrás también aumentan.

## Parámetros de intensidad

El parámetro de intensidad para las inundaciones es la profundidad máxima de inundación para cada ubicación después de realizado el tránsito total de crecientes. Otro parámetro relevante es la velocidad máxima del flujo de agua a nivel de cada ubicación dentro de la zona de afectación. La amenaza de inundación se representa entonces mediante una distribución geográfica de intensidades puntuales (profundidad de inundación o velocidad máxima de flujo) para una tormenta definida o para el conjunto integrado de tormentas con lo cual se obtiene un mapa probabilístico de amenaza por inundación.

# Consideraciones sobre inundaciones en Nicaragua

## Cuencas

Las inundaciones en el territorio nicaragüense son eventos que se presentan todos los años principalmente en el periodo de lluvias que como ya se había mencionado comprende los meses entre mayo y octubre. La intensidad de las inundaciones es variable entre años pero en general se presentan daños considerables que afectan tanto a la población como a la economía nacional.

Por otro lado, los regímenes de lluvia varían según la zona del país teniendo mayores precipitaciones en la vertiente del Atlántico que en la del Pacífico. En el vertiente del Atlántico se tienen ríos de largo recorrido y alto caudal, que sumado con las condiciones topográficas en las cuales se tienen extensas planicies es una región altamente susceptible de sufrir inundaciones.

En la vertiente del Pacífico se tienen ríos más cortos y menos caudalosos por lo que teóricamente la amenaza ante inundación debería ser menor. Sin embargo en esta zona los eventos ocurren con mayor rapidez y adicionalmente es en esta zona donde se presentan las mayores concentraciones de activos e infraestructura del país.

Nicaragua cuenta con 21 cuencas hidrográficas divididas en 13 en la zona Caribe y 8 en la zona Pacífica. La vertiente del Mar Caribe puede a la vez dividirse en una subvertiente de los ríos que desembocan al mar y otros que lo hacen en los lagos de Managua y Nicaragua que terminan finalmente fluyendo hacia el Río San Juan. Dicha cuenca (la del Río San Juan) es la más extensa e importante en el territorio nacional nicaragüense.

A partir del mapa de cuencas que se presenta en el Mapa 41, también es posible inferir que la longitud de los ríos en la vertiente del Pacífico es menor que la de los ríos en la vertiente del Atlántico.

## Ríos

Dentro de las montañas centrales del país corren una gran cantidad de ríos. Los ríos que corren por el costado occidental desembocan ya sea en el Océano Pacífico y los lagos Nicaragua y Managua. Los ríos del costado occidental son relativamente cortos y además transportan poco volumen de agua. En esa zona los ríos importantes son el Estero Real y el Río Negro, los cuales desembocan en el Golfo de Fonseca.

Los ríos del costado oriental tienen una mayor longitud; el Río Coco tiene una longitud de 780 km y corre por 475 km de la frontera norte entre Nicaragua y Honduras para finalmente desembocar en el extremo nororiental del país sobre la costa Caribe. El Río Grande de Matagalpa tiene una longitud de 430 km y corre desde la cordillera Dariense en sentido oriental hacia las tierras bajas para desembocar en el norte de Laguna Perla en la costa central. En el extremo sur, el Río San Juan corre por 200 km desde el lago Nicaragua para desembocar en el extremo suroriental del Caribe junto a la frontera con Costa Rica.

## Lagos

Nicaragua es un país con una gran cantidad de lagos y masas de agua, con un área total de 8157 kilómetros cuadrados el Lago Nicaragua es el lago más grande de Centro América. Cercanos a la capital Managua, existen 6 lagos de agua dulce los cuales son el Lago Managua con un área e 1035 kilómetros cuadrados, el Lago Asososca que a su vez sirve como fuente de agua potable de la capital, el Lago Jiloá, el Lago Masaya, el Lago Nejapa y el Lago Tiscapa. Otros lagos dentro de la zona pacífica son el Lago Apoyo, Lago Apoyeque y el Lago artificial Apanás que es a partir de cual se genera la mayoría de electricidad que se consume en la zona Pacífica.

## Eventos históricos

Los eventos de inundaciones más importantes en Nicaragua son los siguientes:

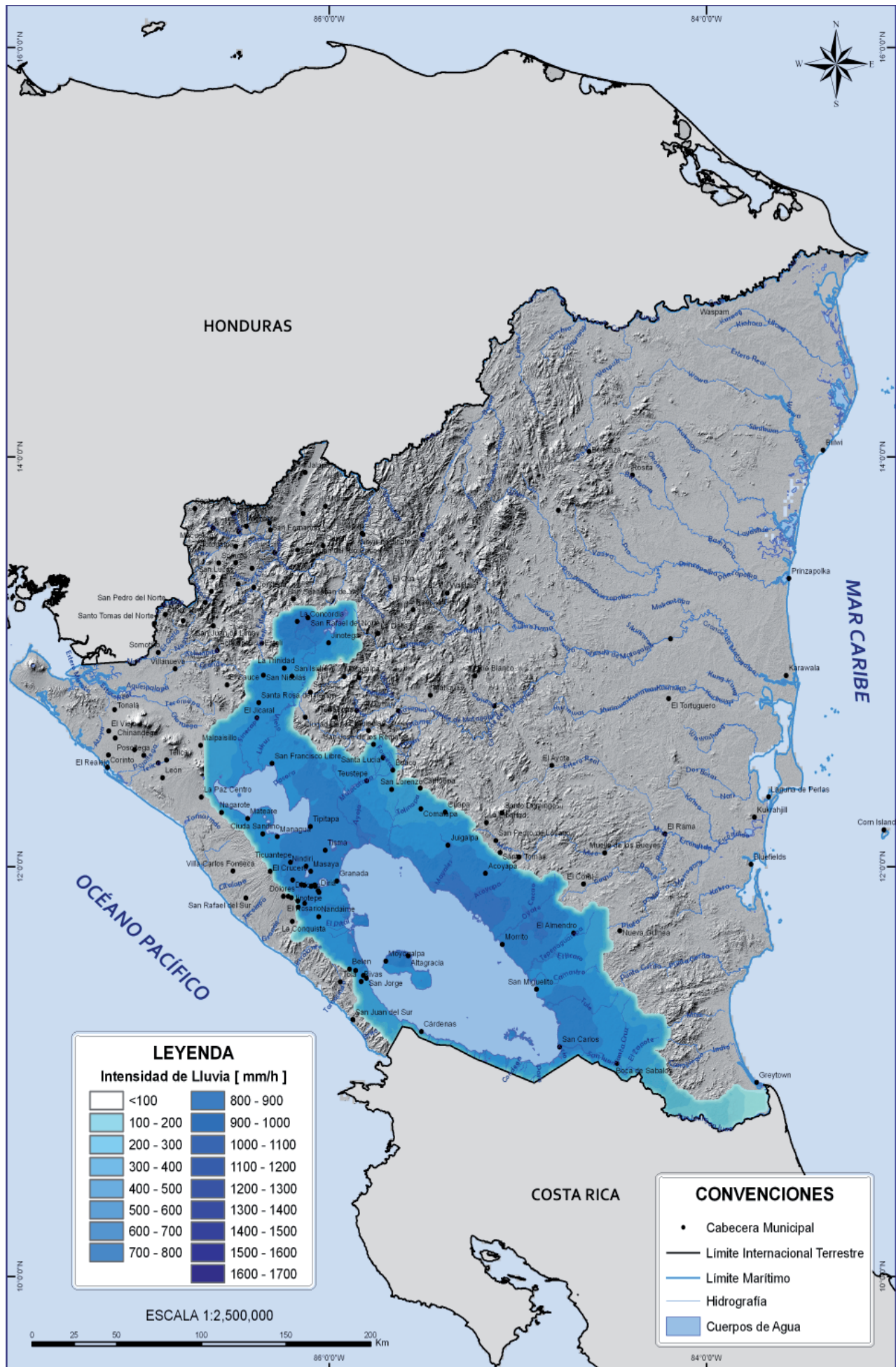
- Inundación en Mistrook el 12 de agosto de 1968: inundación en Mistrook, El Salto que deja aproximadamente 1820 personas afectadas y una pérdida económica directa de 2 millones de dólares.
- Inundación en Chinandega el 9 de octubre de 1995: inundación en Chinandega y en las provincias de Rivas dejando como saldo 58 personas fallecidas y 15 085 otras afectadas.
- Inundaciones del 24 de octubre de 1998: inundaciones debidas al paso del huracán Mitch con una duración de 13 días. A su paso por Centroamérica se estiman las pérdidas humanas en 11 000 vidas y aproximadamente dos millones de personas afectadas.
- Inundaciones del Pacífico del 23 de mayo de 2002: inundación en la costa pacífica de Nicaragua destrozando 1193 viviendas y forzando la evacuación de aproximadamente 3000 personas a otras zonas. 22 puentes fueron arrasados por las crecientes. No se presentaron pérdidas humanas en Nicaragua.

Mapa 41 Cuencas hídricas de Nicaragua

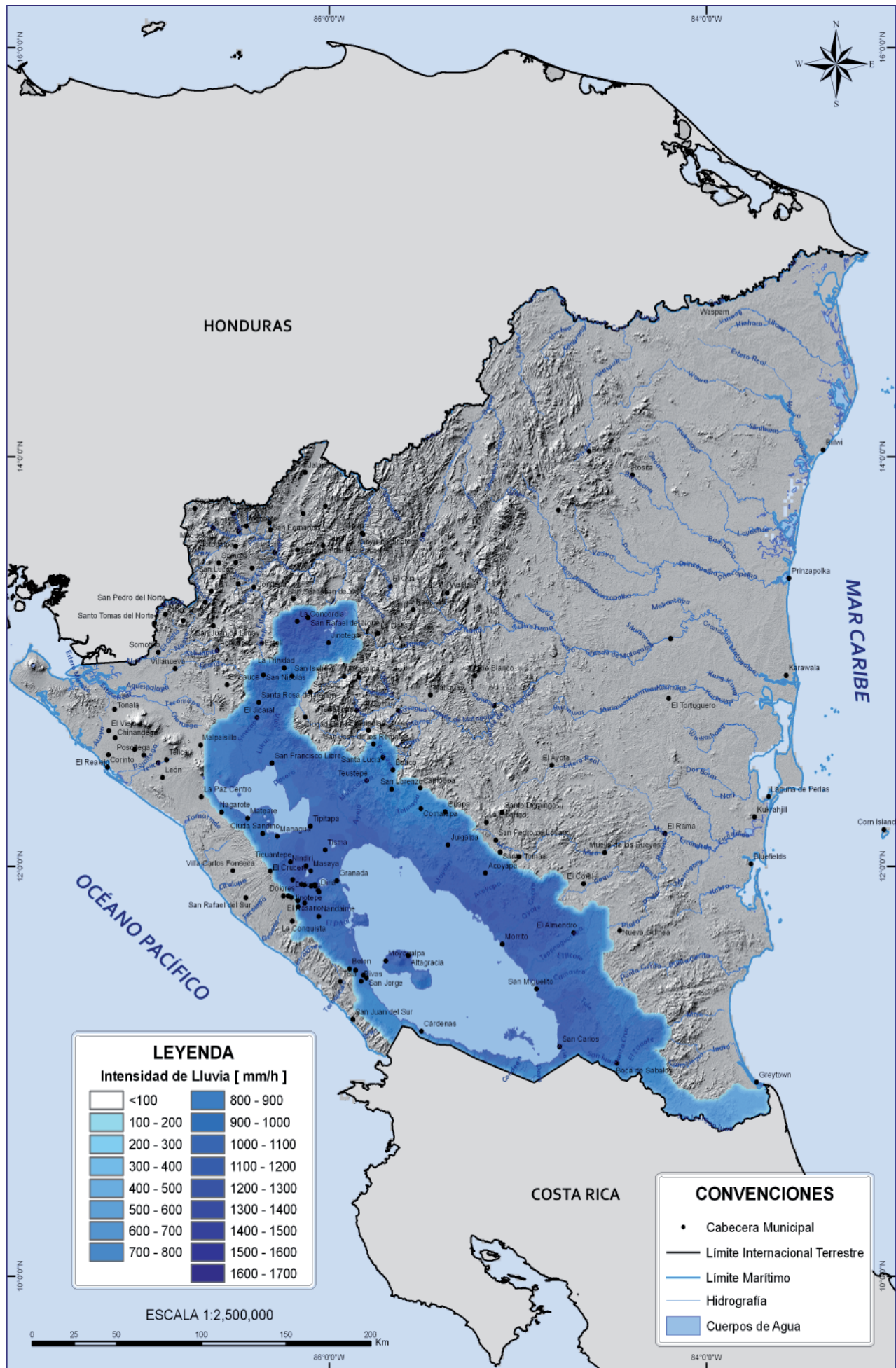




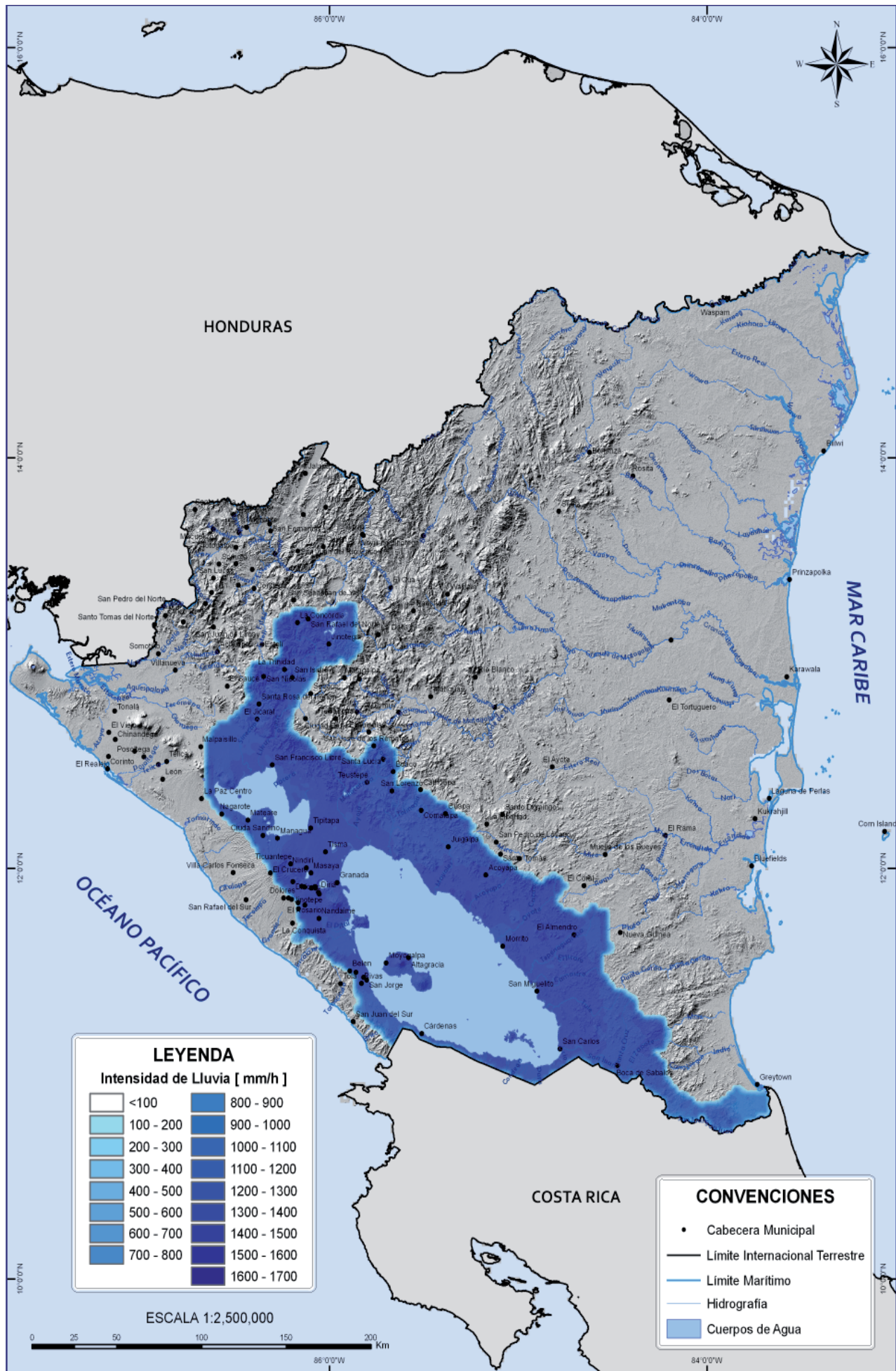
Mapa 42 Inundación por lluvia intensa, Cuenca del Río San Juan, período de retorno: 50 años



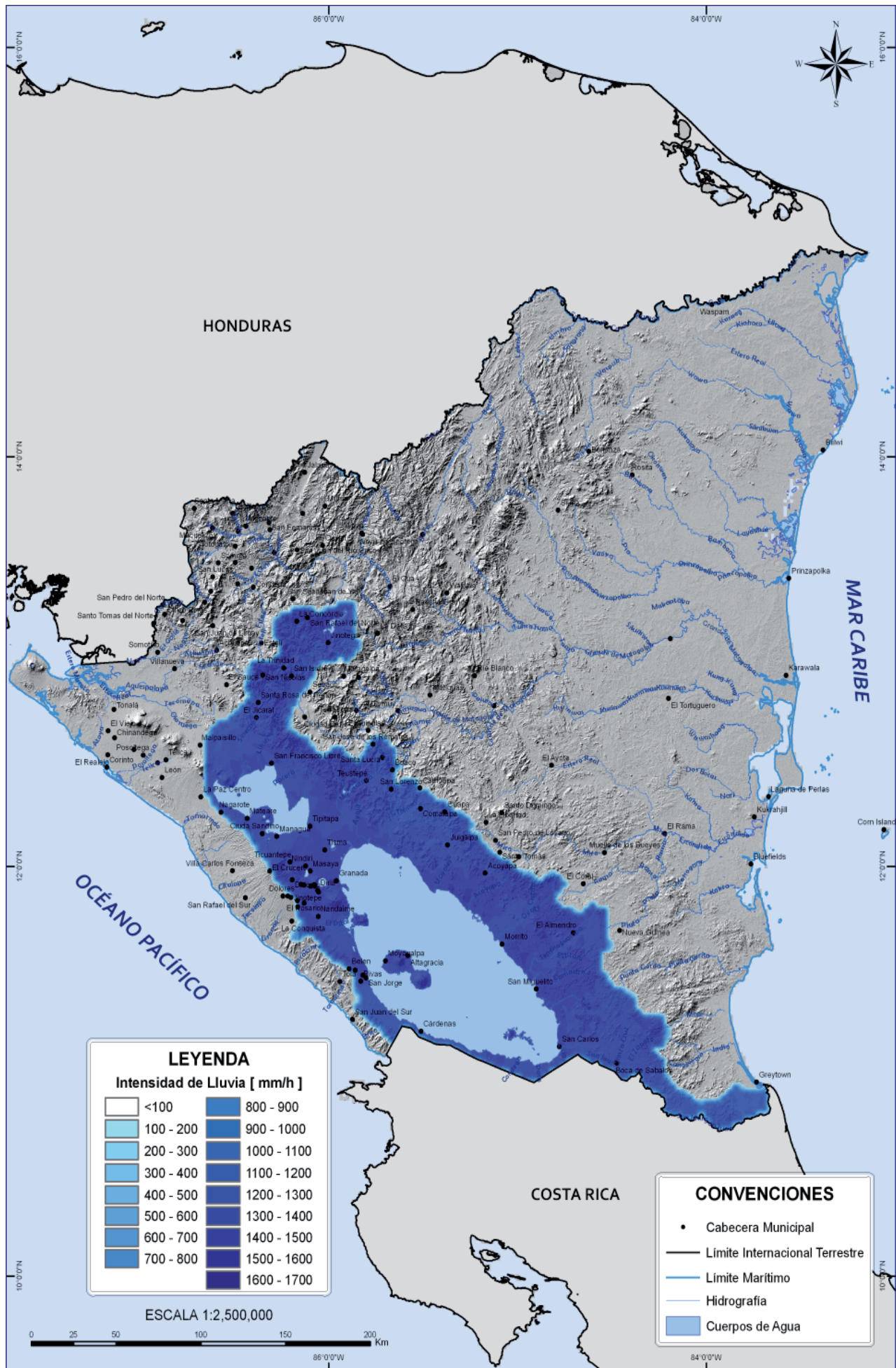
Mapa 43 Inundación por lluvia intensa, Cuenca del Río San Juan, período de retorno: 100 años



Mapa 44 Inundación por lluvia intensa, Cuenca del Río San Juan, período de retorno: 500 años



Mapa 45 Inundación por lluvia intensa, Cuenca del Río San Juan, período de retorno: 1000 años





# Un territorio expuesto y vulnerable

## Población

Nicaragua es el país más extenso en territorio de Centroamérica pero es a su vez es el segundo país menos poblado. La población del país estimada en julio de 2009 es de 5'142 898 habitantes en el censo del 2005. La línea costera del país se extiende por 910 km. La tasa anual de crecimiento para la población, estimada en el año 2006 es de 1.3%.

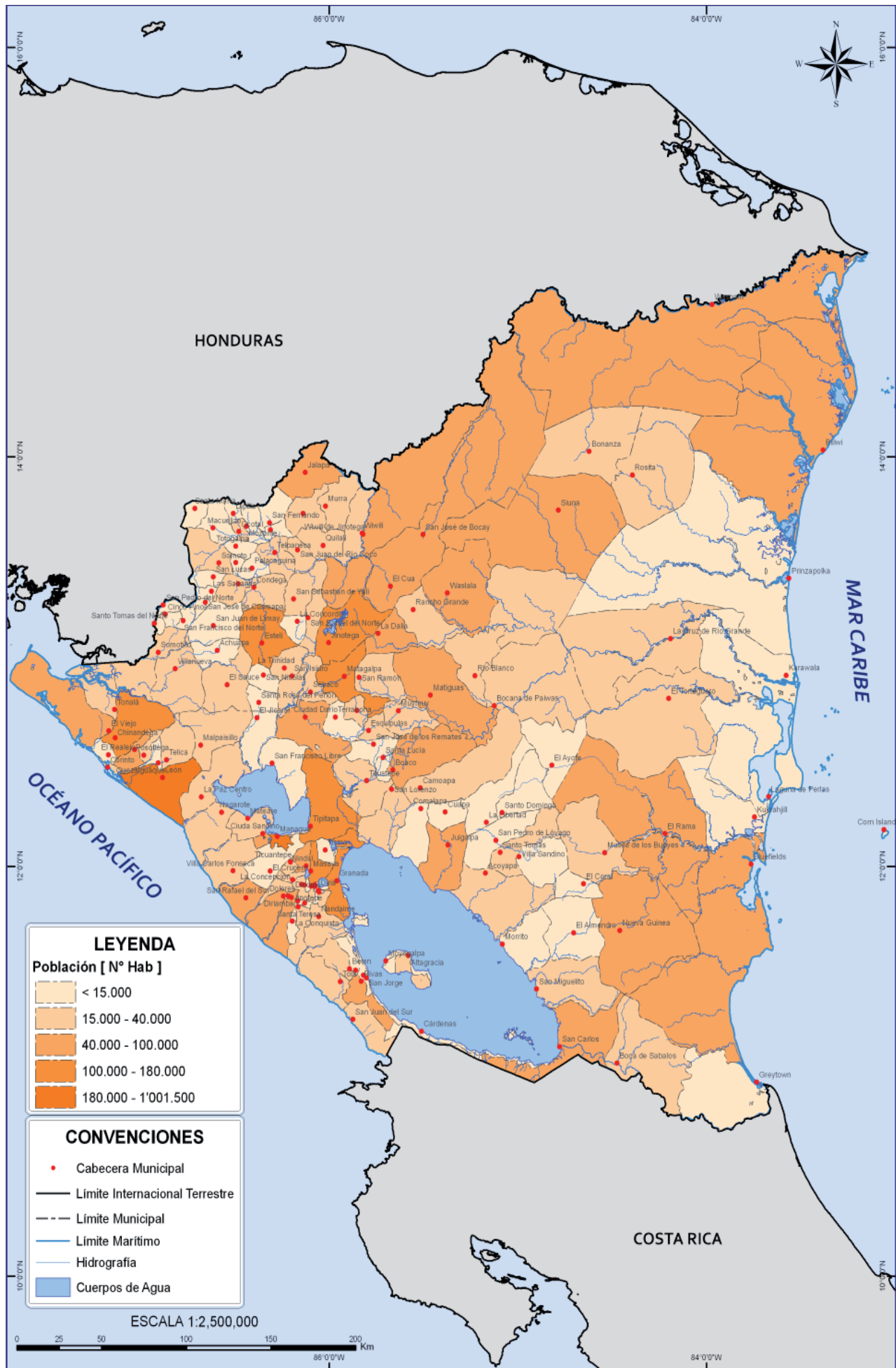
La población está compuesta por un 37.5% de niños y adolescentes, (0-14 años), un 58.2% de jóvenes y adultos (15-64 años) y un 4.3% son mayores de 65 años (personas de la tercera edad). El 52.4% (2'969 084 habitantes) de la población es económicamente activa. De esta, el 29.1% pertenecen al área de agricultura, el 14.2% al área de industria y el 56.7% al área de servicios.

El país es rico en ríos y en volcanes y tiene dos islas vírgenes con arrecifes, Isla Grande del Maíz e Isla Pequeña del Maíz lo que la potencializa a nivel de ecoturismo, aspecto que se ve reflejado en la creciente visita de turistas procedentes de Estados Unidos y Europa principalmente.

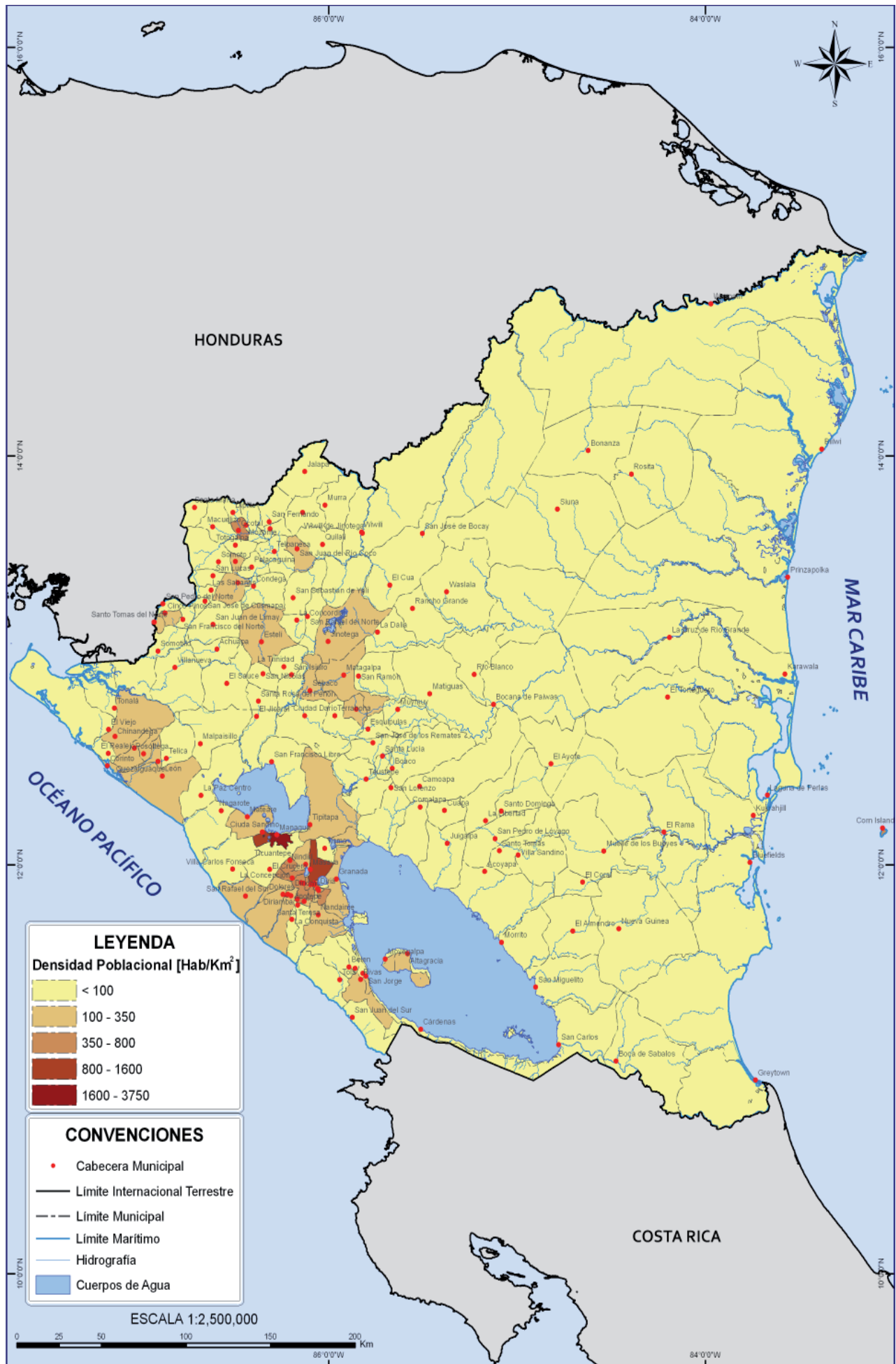
La gran mayoría de los asentamientos humanos en Nicaragua se encuentran localizados sobre el costado occidental. En dicha zona occidental es donde se levantan las cadenas montañosas y de volcanes que se encuentran acompañadas a la vez por grandes lagos. Un poco más del 50% de la población de Nicaragua es población urbana. En Managua, su capital, habita aproximadamente 1/5 de la población total del país, seguida por otras ciudades como León, Granada, Masaya y Chinandega. En la costa Caribe las poblaciones más grandes son Bluefields y Puerto Cabezas.

Los terrenos localizados en las montañas occidentales que rodean las planicies y los lagos contienen la mayoría de la población del país, así como sus grandes ciudades y el corazón de la industria nacional. Adicionalmente, los valles al occidente de la cadena montañosa central dan cabida a una población substancial.

Mapa 46 Distribución de la población



Mapa 47 Densidad poblacional



# Modelando los elementos expuestos

El análisis de riesgo involucra la evaluación de los elementos expuestos susceptibles a sufrir daño o afectación por las amenazas consideradas. Dichos elementos expuestos pueden ser componentes de obras de infraestructura, elementos de ecosistemas, o en general los ocupantes de la infraestructura expuesta o los habitantes de las poblaciones consideradas. En general cualquier elemento geográficamente referenciado es susceptible a sufrir algún tipo de efecto por causa de cualquier parámetro de intensidad de la amenaza que se defina. Una vez caracterizado cada uno de los componentes expuestos se hace necesario asignarles como mínimo una valoración económica, una ocupación humana y las funciones de vulnerabilidad correspondientes, lo cual se explica en detalle en el capítulo siguiente para los elementos expuestos considerados y sus ocupantes.

La valoración del riesgo para la infraestructura expuesta exige la conformación de una base de datos adecuada y georeferenciada de activos en una determinada área, para la cual se tenga disponible información de amenaza de uno o varios de los procesos naturales que puedan producir daño o afectación.

En términos generales, el análisis de riesgo que se desee realizar obliga a la consecución de determinada información básica que debe quedar en el inventario de activos disponible.

En particular, el inventario debe incluir información referente a los siguientes temas específicos:

- Ubicación y caracterización geométrica en planta del bien mediante un archivo en formato Shape (puntos, polilíneas, polígonos). Esta información se utiliza principalmente para visualización y para definición de la intensidad del fenómeno amenazante.
- Parámetros que caracterizan la vulnerabilidad del bien, o directamente la asignación de una función de vulnerabilidad establecida.
- Parámetros que permitan caracterizar el riesgo.

## Información básica requerida

En general el sistema CAPRA está diseñado de manera que el requerimiento de información sea mínimo o si existe información más detallada este se pueda ir mejorando. Los requerimientos mínimos de información son los siguientes:

- Número de referencia
- Ubicación geográfica
- Tipo constructivo
- Valoración económica
- Ocupación

Con esta información complementada con un adecuado mapa de intensidades de amenaza asociada a una función de vulnerabilidad determinada de daño físico y una función de vulnerabilidad de afectación humana, quedan definidos de manera integral los parámetros para la evaluación del riesgo.

## Identificación de los activos expuestos

Con el fin de no perder generalidad, el sistema requiere conformar una base de datos con los siguientes campos de información básicos:

- Número consecutivo
- Número de referencia
- Localización del bien identificado mediante un archivo anexo en formato Shape (puntos, polilíneas o polígonos).



- Unidad geométrica: para construcciones normalmente se utiliza el número de m<sup>2</sup> de construcción, para obras lineales el número de metros lineales y para otros componentes se utiliza un valor global según sea el caso.

Dentro de los activos expuestos pueden incluirse diversos componentes de infraestructura incluyendo cualquier tipo de edificación y componentes tales como tramos viales, puentes, túneles, componentes del sistema eléctrico, componentes de sistema de comunicaciones, tramos de sistemas de tuberías de acueductos o alcantarillados, presas, diques, muros o cualquier componente de estructuras de contención, y cualquier otro componente que pueda presentar daño.

El sistema permitiría la definición de otro tipo de componentes como son áreas de cultivo o en general cualquier otro elemento susceptible de daño que permita una geo-referenciación y una asignación de una función de vulnerabilidad particular ante un proceso amenazante cuya distribución geográfica es conocida.

## Bases de datos de edificaciones

Para construir la base de datos de edificaciones se utiliza principalmente la información disponible a nivel catastral o de censos recientes. Considerando que la información disponible rara vez incluye todos los datos relevantes requeridos, se aplicarán unos algoritmos de complementación y ajuste de información que permitan contar con una base de datos completa y consistente. La información normalmente utilizada para la base de datos de edificaciones es la siguiente:

- Número de sistema
- Nombre del sistema
- Número del componente
- Nombre del componente
- Descripción
- Ubicación geográfica, a través de mapas en formato Shape (puntos, polilíneas, polilíneas o polígonos).
- Tipo de suelo
- Número de pisos
- Área de construcción
- Uso predominante
- Tipo constructivo
- Fecha de construcción
- Muros divisorios
- Material en primer piso
- Material en pisos superiores
- Tipo de cubierta
- Tipo y clasificación de contenidos
- Edad
- Estado
- Estrato socioeconómico
- Irregularidades y defectos
- Valor de reposición costos directos
- Valoración económica de los contenidos
- Valoración económica del lucro cesante por unidad de tiempo
- Ocupación máxima de la construcción en número de personas
- Costo unitario rehabilitación sísmica
- Información de funciones de vulnerabilidad por tipo de amenaza

Para la clasificación por uso se utilizan las categorías: Residenciales (por estratos Alto, Medio, Bajo), Comerciales, Industriales, Institucionales privadas, Institucionales públicas, Salud, Educación, Otras.

En caso que la información catastral no esté disponible directamente, se utilizan técnicas complementarias para construir la información de edificaciones principales. Estas incluirán la interpretación de imágenes de sensores remotos y fotografías aéreas, lo cual se complementará con inspecciones directas en zonas representativas rurales y de las ciudades principales.

## Carreteras nacionales y puentes

Bajo las condiciones actuales de la economía mundial, las facilidades de transporte dentro de un país resultan fundamentales para el buen funcionamiento de éste. Nicaragua es un país que ocupa un puesto rezagado mundialmente en cuanto a infraestructura de transporte se refiere, ya sea esta fluvial, terrestre o aérea.

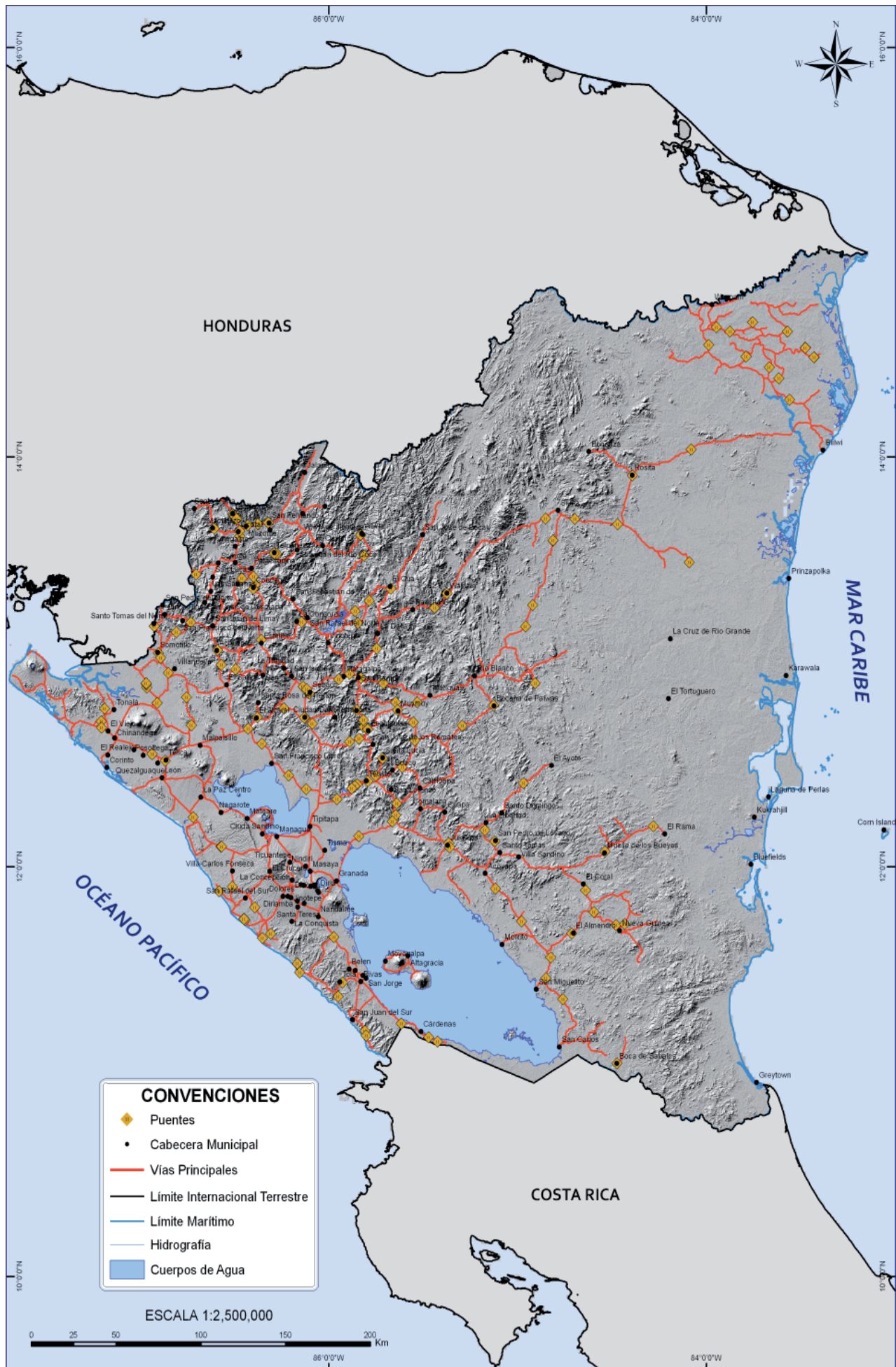
El país cuenta con 19 036 km de vías de las cuales únicamente 2300 km son pavimentadas. Lo anterior encuentra parte de la explicación en la gran concentración de población que existe hacia la costa pacífica del país. Lo anterior tiene el agravante que como se puede ver de la gráfica, la inversión en el diseño y construcción de nuevas carreteras es nula desde el año 2004, año a partir del cual los kilómetros de vías son casi constantes.

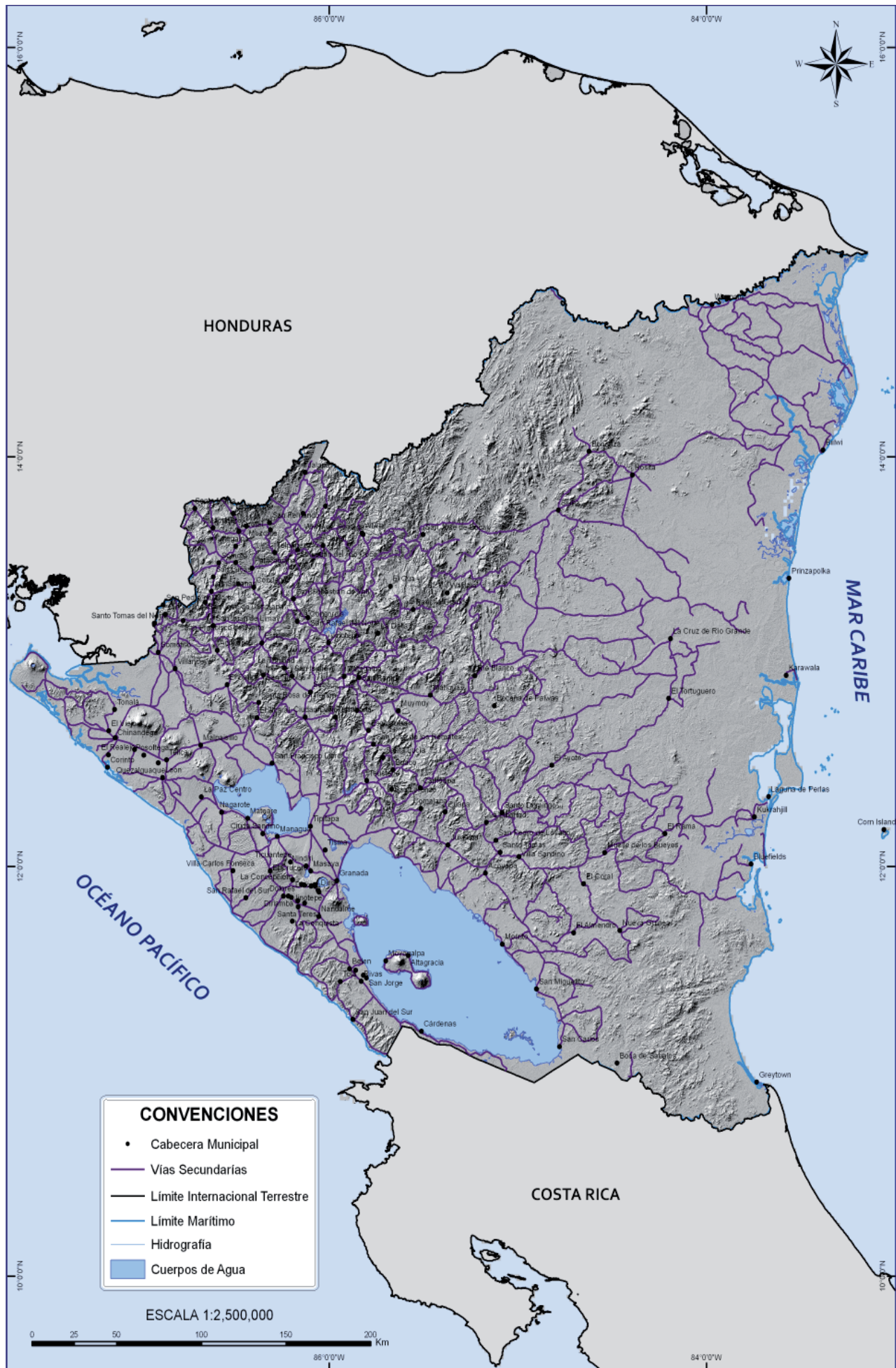
En materia de transporte fluvial, se tiene un considerable número de ríos por los cuales es posible el transporte de carga y donde en total se tienen 2220 km de vías navegables dentro de los cuales se incluyen los trayectos que son comprendidos dentro de los lagos Nicaragua y Managua.

En materia aérea, a pesar de tener registrados un considerable número de aeródromos, únicamente se cuenta con un aeropuerto internacional que es el ubicado en la capital, Managua.

En materia férrea la infraestructura es también baja aunque conecta las principales poblaciones del país así como el puerto de Corinto y se tiene un eje relativamente fuerte para el movimiento de carga.

# Mapa 48 Vías principales y puentes





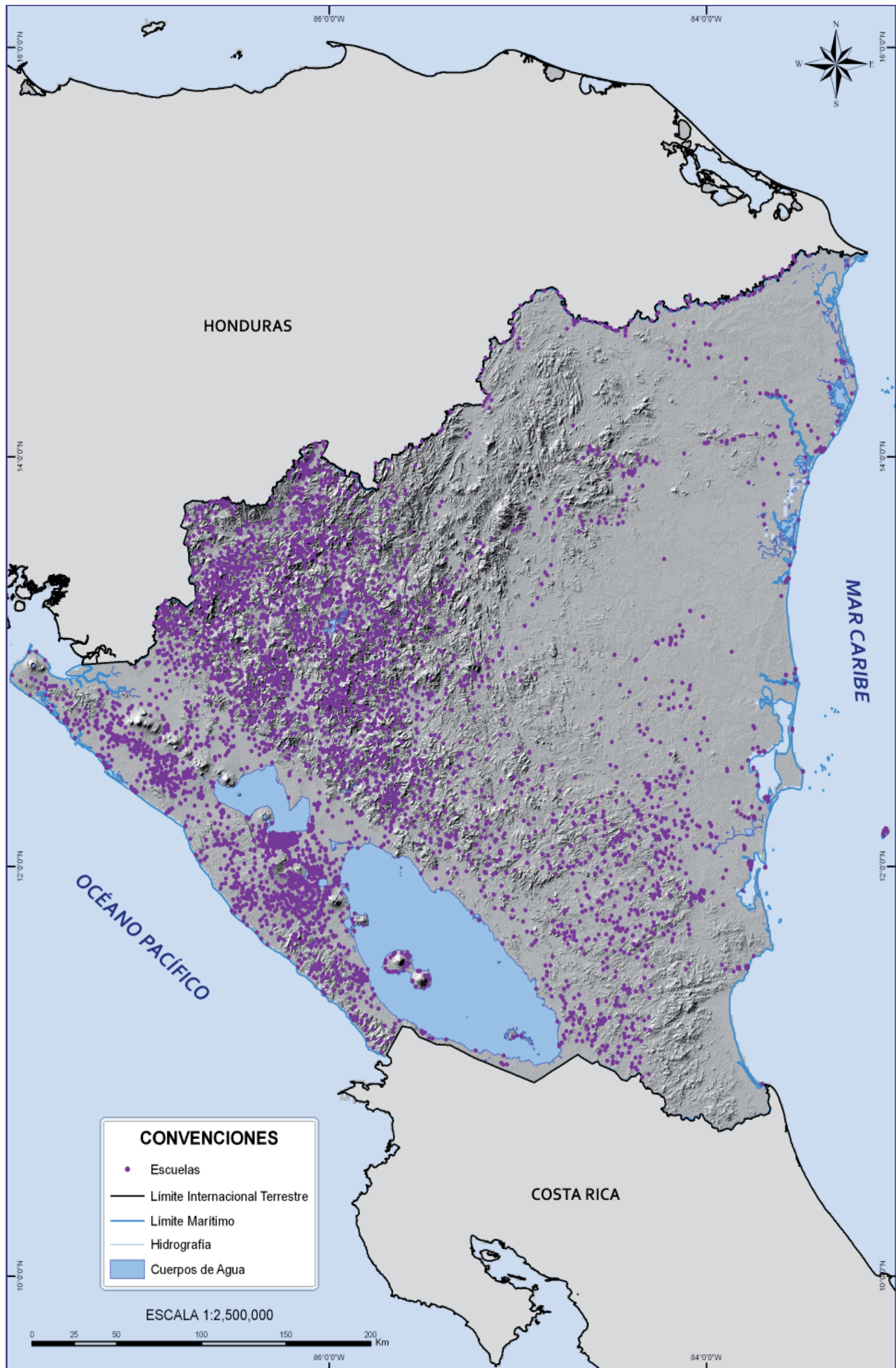




Mapa 52 Puertos y aeropuertos principales



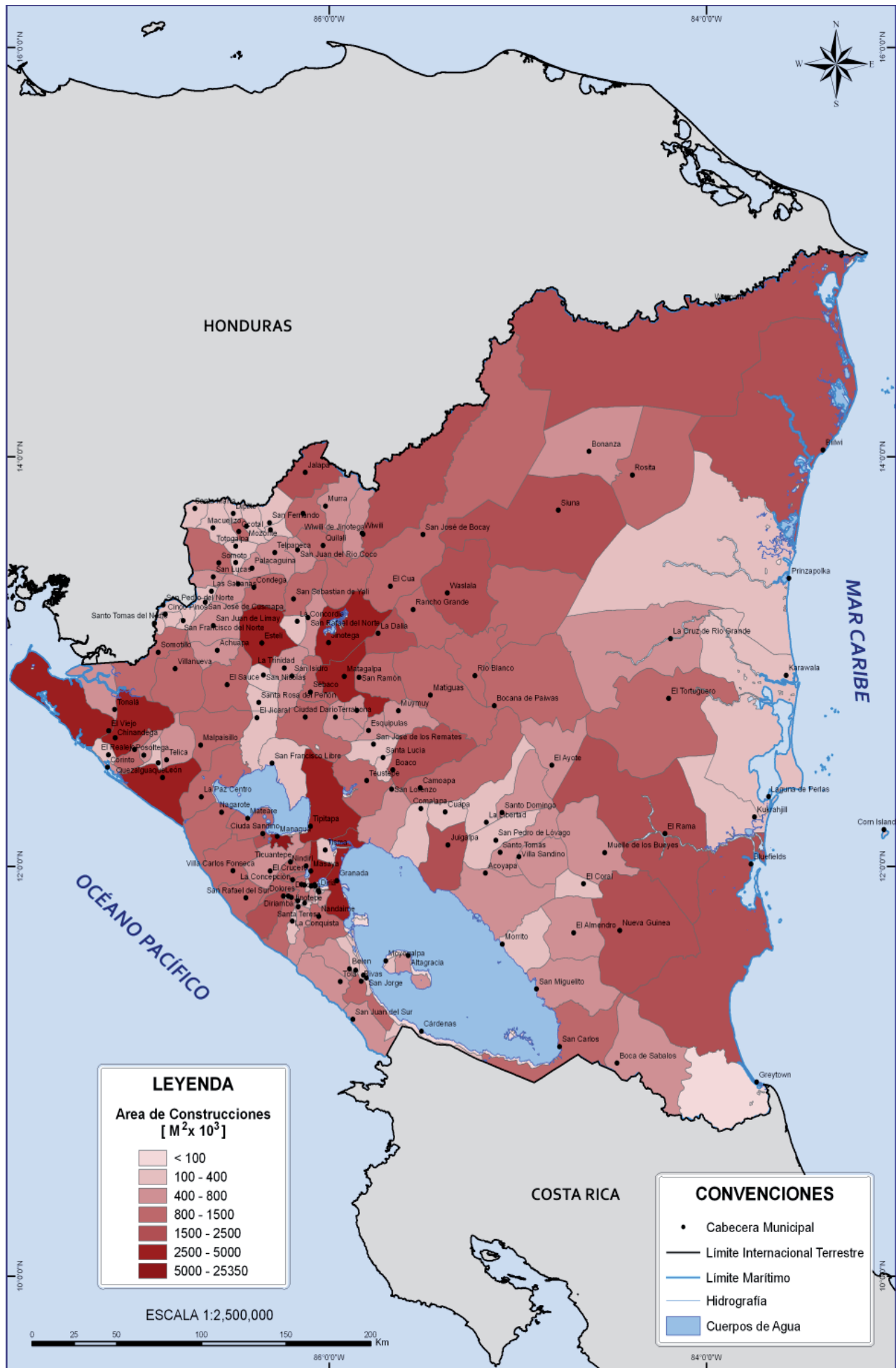
Mapa 53 Localización de escuelas







Mapa 55 Área construida



Mapa 56 Valor expuesto de las construcciones



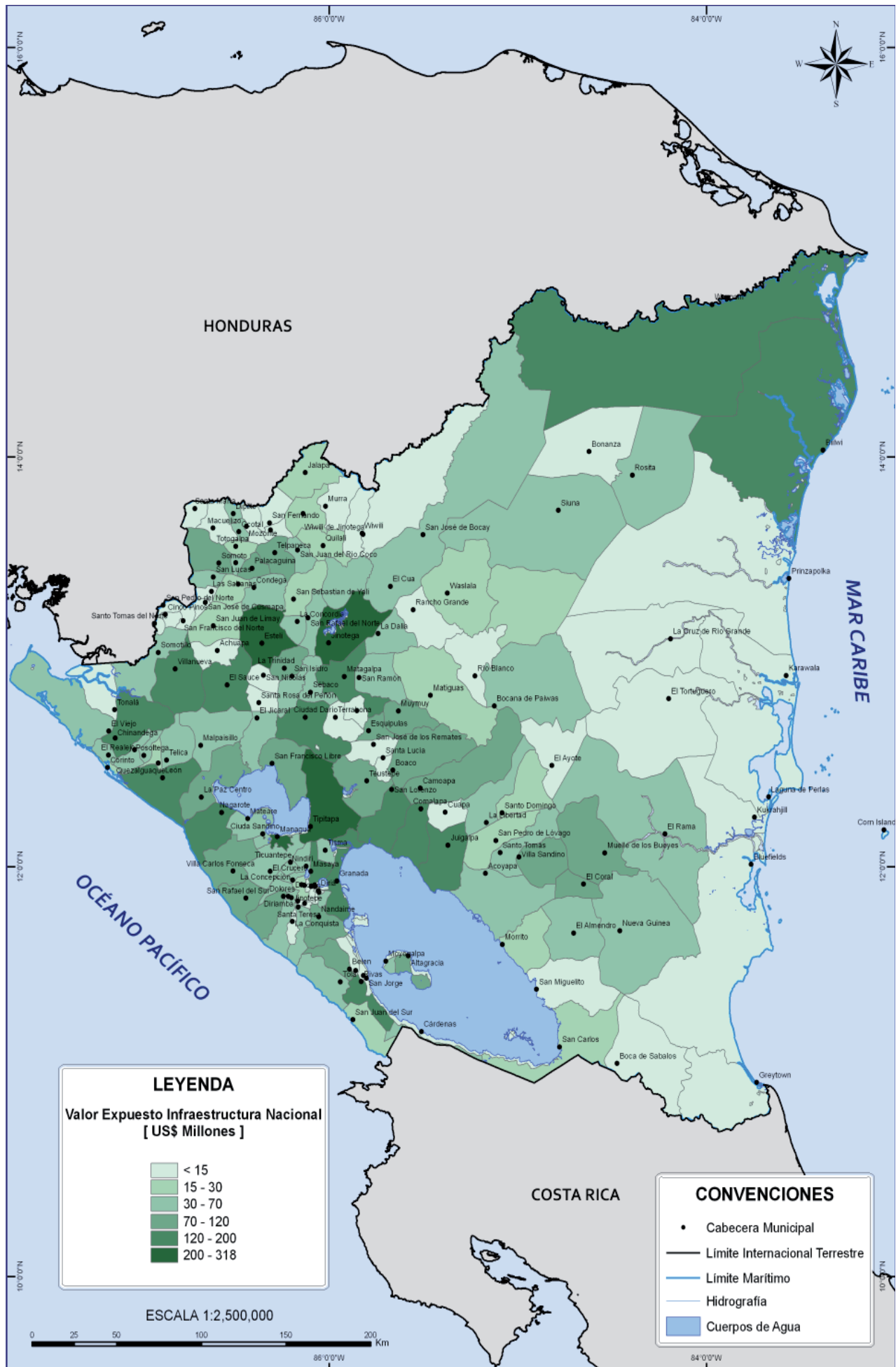
Mapa 57 Valor expuesto total



Mapa 58 Valor expuesto de infraestructura del nivel local



Mapa 59 Valor expuesto de infraestructura del nivel nacional





# Evaluando el riesgo: A nivel Nacional

## Procedimiento para el análisis de riesgo

La evaluación de riesgo requiere de tres pasos de análisis, que se describen a continuación:

1. **Evaluación de la amenaza:** para cada uno de los peligros considerados, se define un conjunto de eventos, con sus respectivas frecuencias de ocurrencia, que representan de manera integral la amenaza correspondiente. Cada escenario contiene la distribución espacial de parámetros que permiten construir la distribución de probabilidad de las intensidades producidas por su ocurrencia.
2. **Definición del inventario des elementos expuestos:** debe definirse el inventario de elementos expuestos, el cual debe especificar la localización geográfica del bien expuesto más los siguientes parámetros, que califican el elemento:
  - Valor físico o costo de reposición del bien
  - Valor humano o número de ocupantes estimado
  - Clase estructural a la que pertenece el bien
3. **Vulnerabilidad de las construcciones:** debe asignarse a cada una de las clases estructurales una función de vulnerabilidad para cada tipo de amenaza. Esta función caracteriza el comportamiento de la construcción durante la ocurrencia de fenómenos amenazantes. Las funciones de vulnerabilidad definen la distribución de probabilidad de las pérdidas como función de la intensidad producida durante un escenario específico. Se definen mediante curvas que relacionan el valor esperado del daño y la desviación estándar del daño con la intensidad del fenómeno.

Los desarrollos modernos de la gestión de riesgos han precisado el papel del Estado en diferentes aspectos que originalmente sólo se referían a la acción remedial o de respuesta en caso de crisis. En forma paulatina se ha ido comprendiendo que el "desastre" y el "riesgo" son problemas sociales, económicos y ambientales ligados a procesos de acumulación de vulnerabilidades, que a su vez son producto de modelos no sostenibles ni óptimos de crecimiento. Es decir, que los desastres son problemas de desarrollo o riesgos no manejados y que, por lo tanto, la reducción de la vulnerabilidad y el riesgo debe ser un objetivo explícito de planificación ex ante frente a los desastres; lo que involucra diversas entidades y sectores de la gestión pública.

En América Latina este tipo de cambio se inició con la creación de organizaciones o estructuras interinstitucionales en las últimas dos décadas. Desde ese entonces muchos aspectos se han precisado y mejorado desde el punto de vista conceptual al punto que, a nivel internacional, hoy se prefiere hablar mejor de "gestión del riesgo de desastres" que de prevención de desastres para enfatizar mejor la importancia de anticiparse a las consecuencias y para hacer diferencia con el concepto de preparación, atención o respuesta a emergencias.

Ahora bien, una de las actividades fundamentales de la gestión del riesgo de desastres a nivel de país es la evaluación del riesgo de catástrofe, o de eventos extremos, para lo cual es necesario aplicar metodologías confiables que permitan una adecuada estimación y cuantificación del potencial de pérdidas en un tiempo de exposición determinado.

Para alcanzar el objetivo general de identificar y cuantificar el riesgo de catástrofe de un país, es necesario utilizar un método que permita tener en cuenta las amenazas naturales en forma integral, que incluya de la manera más completa, y en lo posible detallada, la exposición de los bienes de infraestructura —teniendo en cuenta sus principales características—, que permita tener en cuenta la vulnerabilidad específica de cada componente de dicha infraestructura y que finalmente permita la evaluación del riesgo mediante un proceso de cálculo probabilista apropiado que tenga en cuenta las incertidumbres propias de un proceso de este tipo, las inevitables limitaciones en la información y la capacidad cómputo electrónico.

Con base en los modelos de amenaza probabilistas propuestos y con el inventario y valoración de activos expuestos con sus funciones de vulnerabilidad correspondientes, se desarrolló un modelo de análisis de riesgo probabilista para el país.

Tal como se explicó previamente, la evaluación probabilista del riesgo se plantea con base en una serie de escenarios de amenaza que representan de manera adecuada los efectos de cualquier evento de magnitud factible que se puede presentar en el área de influencia. Cada uno de estos escenarios tiene asociada una frecuencia o probabilidad de ocurrencia específica. El procedimiento de cálculo probabilista consiste en evaluar con métricas apropiadas, en este caso la pérdida económica, para cada uno de los activos expuestos, considerando cada uno de los escenarios de amenaza, y luego integrar en forma probabilista los resultados obtenidos utilizando las frecuencias de ocurrencia de cada escenario.

El riesgo para el país ha sido calculado utilizando la plataforma CAPRA. La metodología de cálculo en la cual se base esta plataforma se describe en la dirección de Internet [http://www.ecapra.org/es/\(wiki-riesgo\)](http://www.ecapra.org/es/(wiki-riesgo)).

Un país puede sufrir las consecuencias de diferentes tipos de eventos naturales; sin embargo, para efectos de esta evaluación se han tenido en cuenta principalmente la amenaza de terremoto y la amenaza por huracán. Sin desconocer los otros tipos de amenaza que pueden también generar eventos devastadores, el análisis del riesgo se concentra en las amenazas que han demostrado en el pasado pueden generar eventos críticos y que en la mayoría de los casos contienen o serían superiores las pérdidas comparativamente a las que causan otros fenómenos más puntuales o de los que hay pocas indicios de que puedan ocurrir.

## Resultados a nivel nacional

A continuación se presentan los resultados de la evaluación del riesgo del país (que puede realizarse por unidades geográficas y por sectores) teniendo en cuenta la amenaza sísmica y de huracanes y utilizando como medida la Pérdida Máxima Probable (PML o Probable Maximum Loss en inglés) para diferentes periodos de retorno y la Pérdida Anual Esperada (AAL o Average Annual Loss en inglés) o prima técnica de riesgo. Con base en estos resultados, se estima se ha estimado el riesgo específico a nivel nacional y la concentración del riesgo. Con esta información es posible calcular el pasivo contingente que representan los desastres para la sostenibilidad fiscal del país (lo que puede realizarse indirectamente con indicadores como el Índice de Déficit por Desastre). Los valores de PML y AAL son los principales resultados de este tipo de estudios. Estas medidas o métricas son de especial importancia para el diseño de instrumentos de retención (financieros) o transferencia de riesgo, y por lo tanto son un aporte de especial valor para definir con estudios complementarios una estrategia de protección financiera para cubrir la responsabilidad fiscal del Estado.



Mapa 60 Pérdida anual esperada por terremoto a nivel municipal (valor)



Mapa 61 Pérdida anual esperada por terremoto a nivel municipal (%)



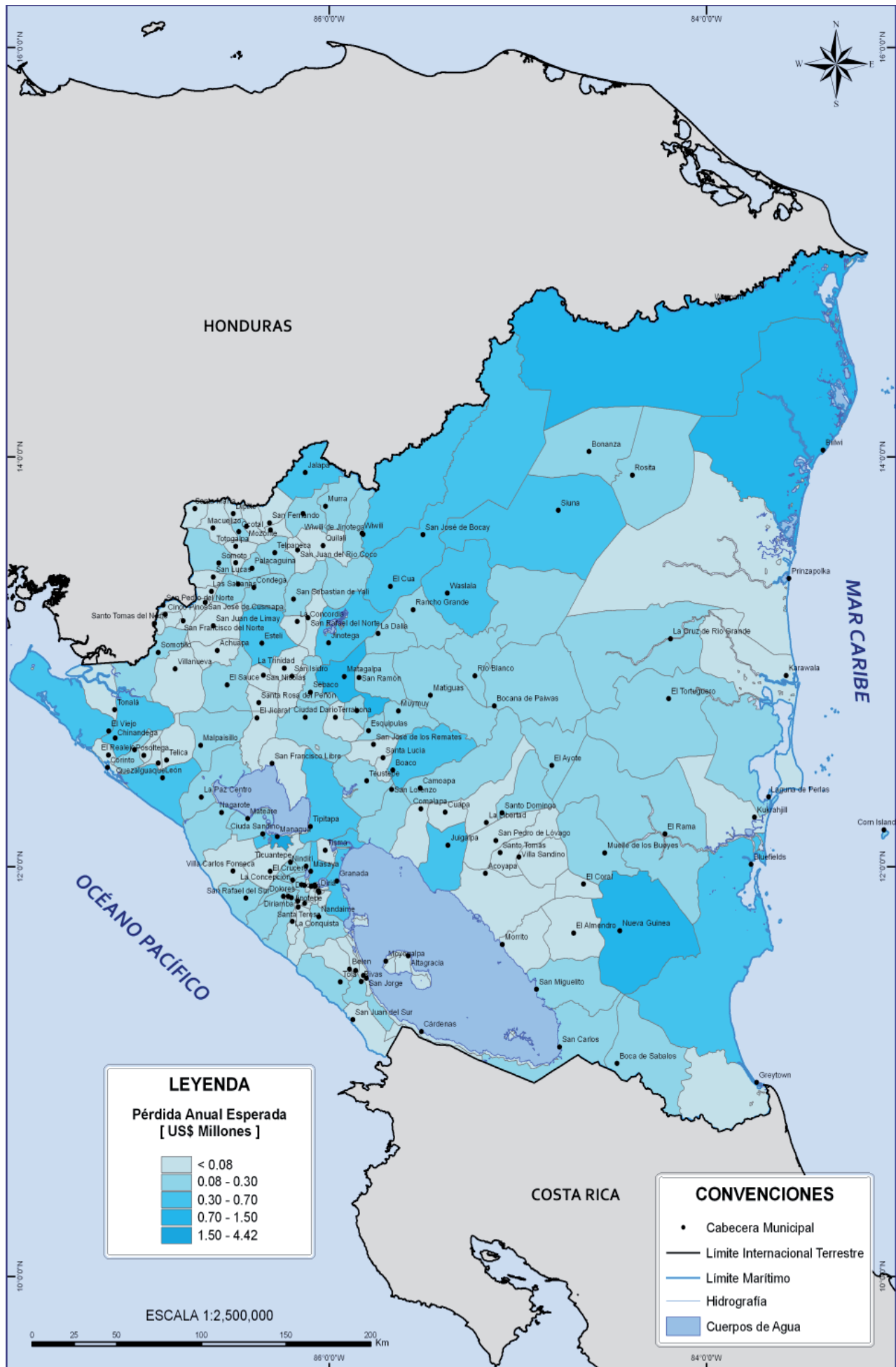
Mapa 62 Pérdida máxima probable por terremoto a nivel municipal (valor)



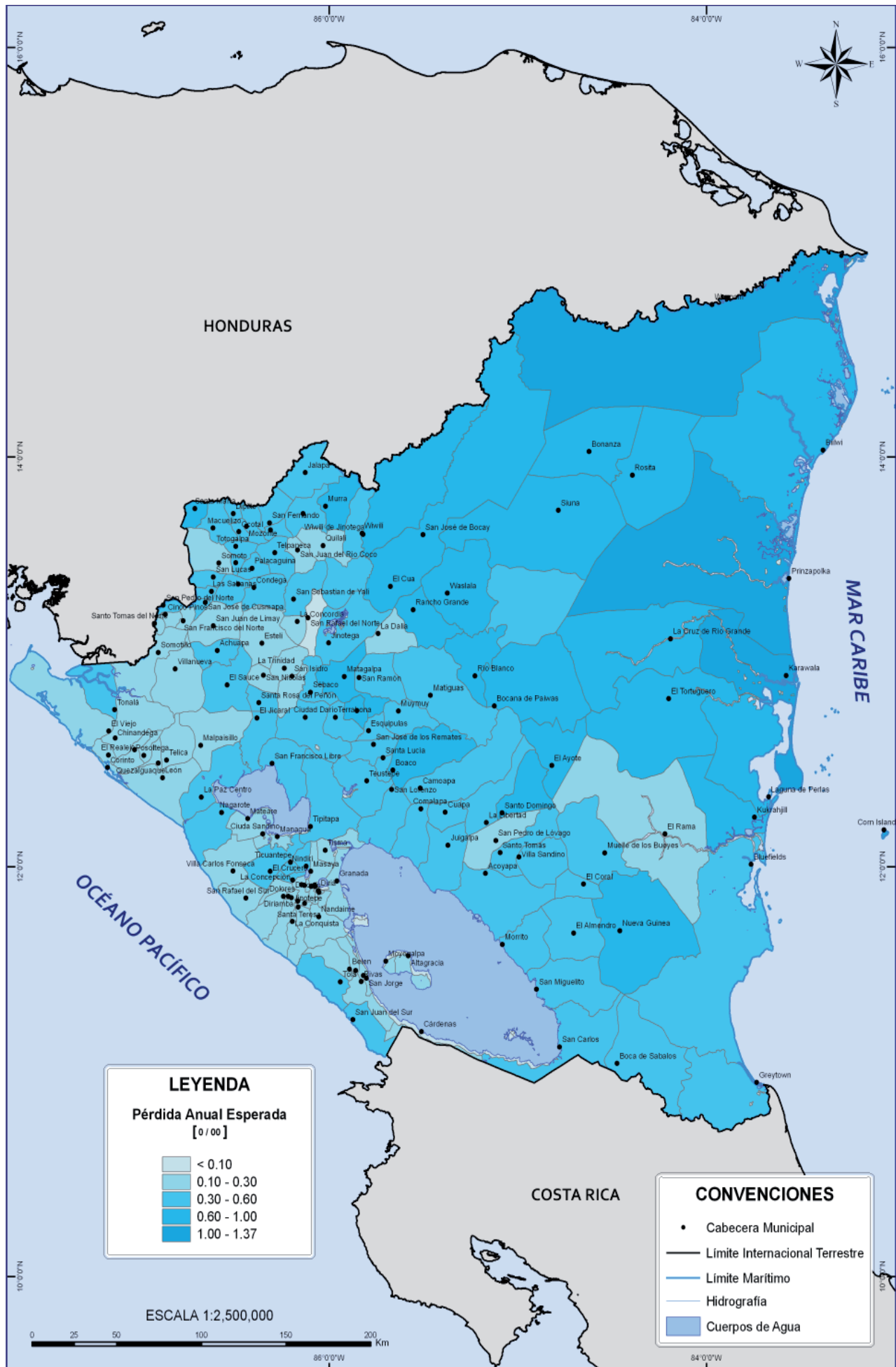
Mapa 63 Pérdida máxima probable por terremoto a nivel municipal (%)



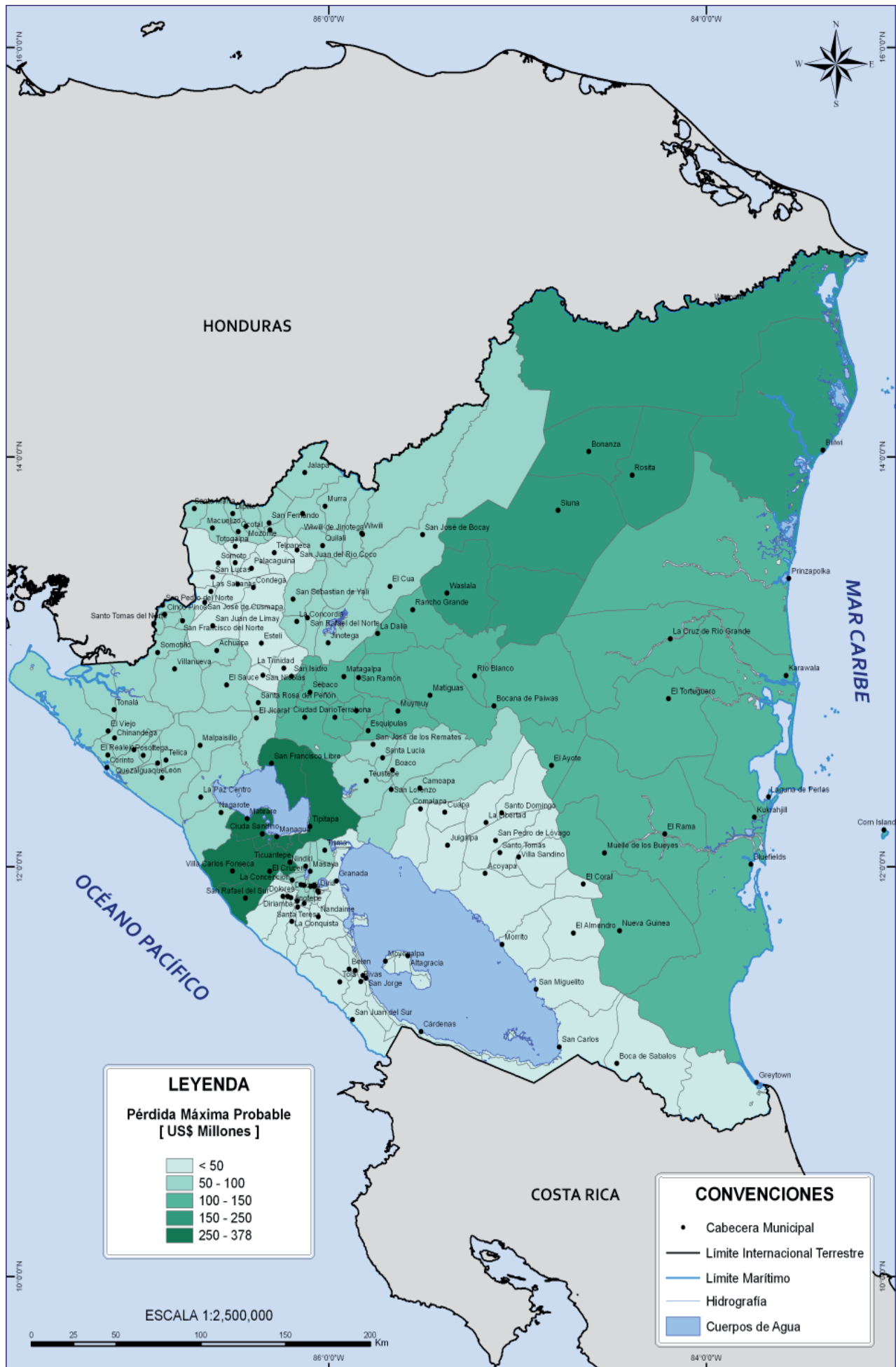
Mapa 64 Pérdida anual esperada por vientos huracanados a nivel municipal (valor)



Mapa 65 Pérdida anual esperada por vientos huracanados a nivel municipal (%)



Mapa 66 Pérdida máxima probable por vientos huracanados a nivel municipal (valor)



Mapa 67 Pérdida máxima probable por vientos huracanados a nivel municipal (%)





## Evaluación holística del riesgo

La evaluación y seguimiento del riesgo es un paso ineludible para su reconocimiento por parte de los diversos actores sociales y los órganos de decisión responsables de la gestión. La estimación del riesgo desde una perspectiva holística permite hacer una clasificación o ranking del nivel de riesgo relativo de unidades territoriales, permitiendo identificar aquellas que presentan el mayor riesgo físico, pero también aquellas que presentan condiciones sociales, económicas o ambientales que favorecen que el riesgo se incremente cuando se materializa en un desastre. Esta metodología puede ser utilizada para orientar la toma de decisiones en la gestión de riesgos identificando zonas que pueden ser especialmente problemáticas en caso de desastre, no sólo por el daño físico que pueden presentar, o impacto directo, sino también por las características socio-económicas y la falta de resiliencia que pueden agravar la situación y que contribuyen a generar, lo que puede considerarse como el impacto indirecto o de segundo orden.

A escala nacional es necesario contar con información acerca de los daños y pérdidas potenciales en los elementos expuestos del país en cada departamento (personas involucradas, edificaciones, líneas vitales, otra infraestructura, etc.). La metodología que se utiliza en este estudio identifica una serie de circunstancias o condiciones que favorecen que un fenómeno intenso se convierta en un desastre, con el fin de anticiparse y poder intervenirlas y así disminuir el impacto de los futuros eventos peligrosos. El enfoque de esta técnica de evaluación, desde una perspectiva holística, puede tener una importante influencia en la efectividad de la gestión del riesgo, dado que facilita la orientación de las medidas de mitigación y prevención que se deben promover según el tipo de resultados obtenidos mediante indicadores que describen en forma integral las condiciones de riesgo del país. El objetivo de la técnica utilizada no se limita a identificar la existencia de debilidades —lo que comúnmente ocurre con estudios cuyo propósito es solamente evaluar el riesgo físico— sino que también intenta identificar otros aspectos sociales factibles de intervenir que contribuyen en forma significativa al riesgo de desastre.

En otras palabras, el riesgo depende de aspectos físicos, pero también de un impacto intangible de carácter social, económico, ambiental. Dicho impacto, a su vez depende de una serie de factores que agravan la situación —a veces llamados efectos indirectos— que dependen de situaciones sociales del contexto y de su resiliencia; aspectos de la vulnerabilidad que no siempre son dependientes de la amenaza. Desde el punto de vista de la ingeniería, la vulnerabilidad se convierte en riesgo (nivel de consecuencias esperadas) cuando se define ante qué grado de amenaza se quiere establecer el potencial de consecuencias, pero la descripción de esa “condición que favorece o que facilita” que al ocurrir cualquier evento éste se convierta en consecuencias es una función atemporal. Al definir el nivel de intensidad del evento, en términos probabilistas, se incluye el tiempo, dado que la probabilidad se establece para un lapso de tiempo. De esta forma se establece el potencial de pérdidas, de daño o de consecuencias, que en estos términos ya es un valor expresado en términos de probabilidad, como ya se ha visto anteriormente. Aceptando la hipótesis que existe una alta relación entre las carencias de desarrollo y la vulnerabilidad, se ha propuesto que los siguientes son los factores de los cuales se origina la vulnerabilidad:

- a. La exposición y susceptibilidad física, que es la condición de susceptibilidad que tiene el asentamiento humano de ser afectado por estar en el área de influencia de los fenómenos peligrosos y por su fragilidad física ante los mismos.
- b. La fragilidad eco-social, que se refiere a la predisposición que surge como resultado del nivel de marginalidad y segregación social del asentamiento humano y sus condiciones de desventaja y debilidad relativa por factores socioeconómicos.
- c. La falta de resiliencia, que expresa las limitaciones de acceso y movilización de recursos del asentamiento humano, su incapacidad de anticipación y respuesta efectiva y sus deficiencias para absorber el impacto.

Desde una perspectiva holística, es necesario considerar variables de diversa índole cuyo tratamiento no siempre se facilita utilizando funciones. Por esta razón, es necesario utilizar proxy o “representación”, que bien puede estar basado en índices o indicadores. Así, se puede afirmar que la vulnerabilidad tiene unos componentes que reflejan susceptibilidad y fragilidad física (exposición) —que tienen una dependencia de la acción o severidad del fenómeno— y otros que reflejan fragilidad social y falta de resiliencia —es decir, de capacidad de anticiparse, recuperarse y de absorber el impacto— que no son tan dependientes o no están tan condicionados a la acción del fenómeno. En resumen, existe una cierta susceptibilidad y fragilidad social y una cierta falta de resiliencia que se expresa en una vulnerabilidad prevalente, que “agrava” el impacto directo del daño causado por la acción de un fenómeno, y la vulnerabilidad condicional o dependiente de la amenaza, que modula el daño directo en el contexto social y material. Este tipo de planteamiento intenta integrar de manera holística la lectura de las ciencias físicas y las ciencias sociales, con

el fin de tener una visión más completa de los factores que originan o exacerban la vulnerabilidad, teniendo en cuenta los aspectos de resistencia física ante los fenómenos y los aspectos prevalentes de autoprotección individual y colectiva..

La evaluación del riesgo utilizando indicadores es una técnica que se ha desarrollado con el fin de llevar a cabo mediciones y monitoreo en el tiempo y para identificar las condiciones de inseguridad y sus causas, utilizando criterios relacionados con el grado de amenaza sísmica al que están expuestas las unidades territoriales que constituyen el país y sus circunstancias socio-económicas que influyen en su vulnerabilidad. La fortaleza de este tipo de enfoque está en la posibilidad de desagregar los resultados e identificar los factores hacia los cuales se deben orientar las acciones de reducción del riesgo, con el fin de valorar su efectividad. Su objetivo principal no es “revelar la verdad” sino proveer información y análisis para estimular y mejorar la “toma de decisiones” —es decir, que el concepto que lo subyace es el control— y no la evaluación precisa del riesgo que comúnmente se soporta en el concepto de verdad física.

Para la evaluación holística del riesgo de Nicaragua, se tuvo como base los resultados de riesgo físico así y una serie de variables que caracterizan aspectos sociales y del contexto de los departamentos del país que se reflejan en el coeficiente de agravamiento que actúa como un factor de impacto del riesgo físico para así obtener un Índice de Riesgo Total.

## Conclusiones

De la evaluación holística del riesgo es posible identificar que los departamentos de Carazo, Rivas, León, Chinandega, Managua, Granada y Masaya presentan un riesgo total muy alto y alto. Los demás no presentan un riesgo total bajo.

Por otro lado, en general el coeficiente de agravamiento es alto y muy alto en todo el país, sin embargo hay zonas en las cuales existen muy poca exposición y riesgo físico. Esta situación se presenta los departamentos del Este del país y en general las regiones RAAS y RAAN. Los departamentos con mayor fragilidad social y falta de resiliencia son estas mismas áreas, Chinotega y Ríos San Juan.

En general, el indicador que hace mayor aporte a empeorar las condiciones agravantes en el país para la mayoría de los departamentos es la falta de recurso humano en salud, seguido por la pobreza extrema y en menor medida la densidad de población. Ahora bien, se concluye que si se realizan evaluaciones periódicas es posible identificar las influencias y cambios en las variables y resultados de riesgo que se derivan. En el caso de intervenciones prospectiva y correctiva que signifiquen cambios como resultado de actividades de prevención y en general del desarrollo, es posible identificar el beneficio de dichas intervenciones en forma dinámica. En otras palabras, es posible actualizar el valor de las variables fácilmente, lo que favorece los análisis de sensibilidad y la calibración del modelo. Esta particularidad del enfoque integral de evaluación del riesgo, que parte de la evaluación de los efectos directos, permite monitorear el riesgo y la efectividad de las medidas de prevención-mitigación. Finalmente, es posible identificar los aspectos más relevantes del riesgo sin llevar a cabo grandes esfuerzos de análisis e interpretación de resultados.

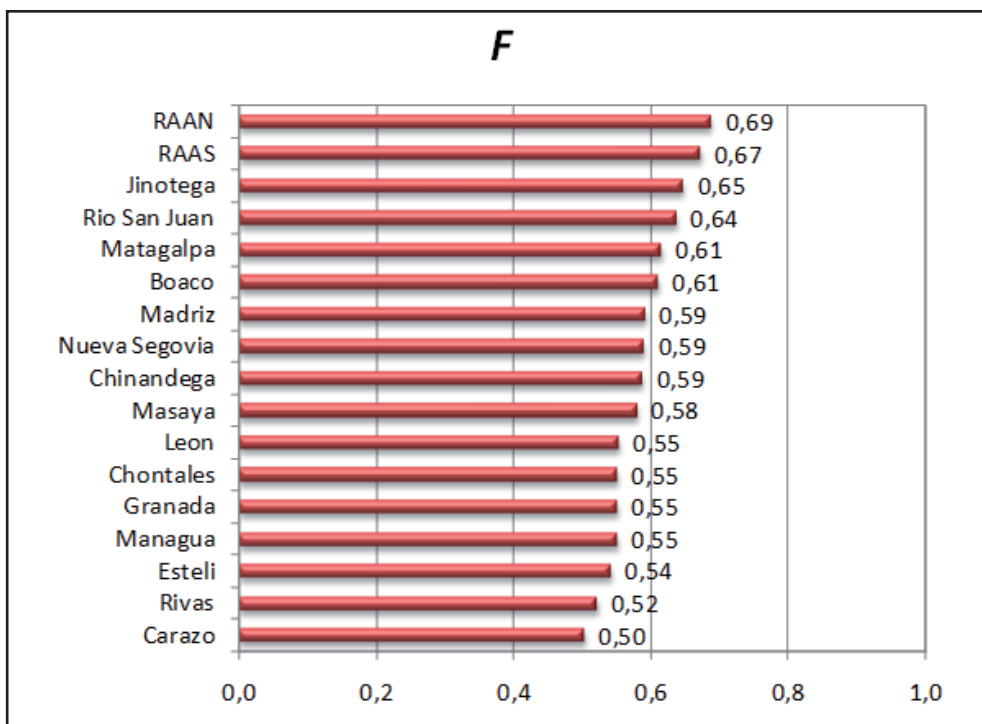


Figura 27 Resultados obtenidos del coeficiente de agravamiento por departamentos

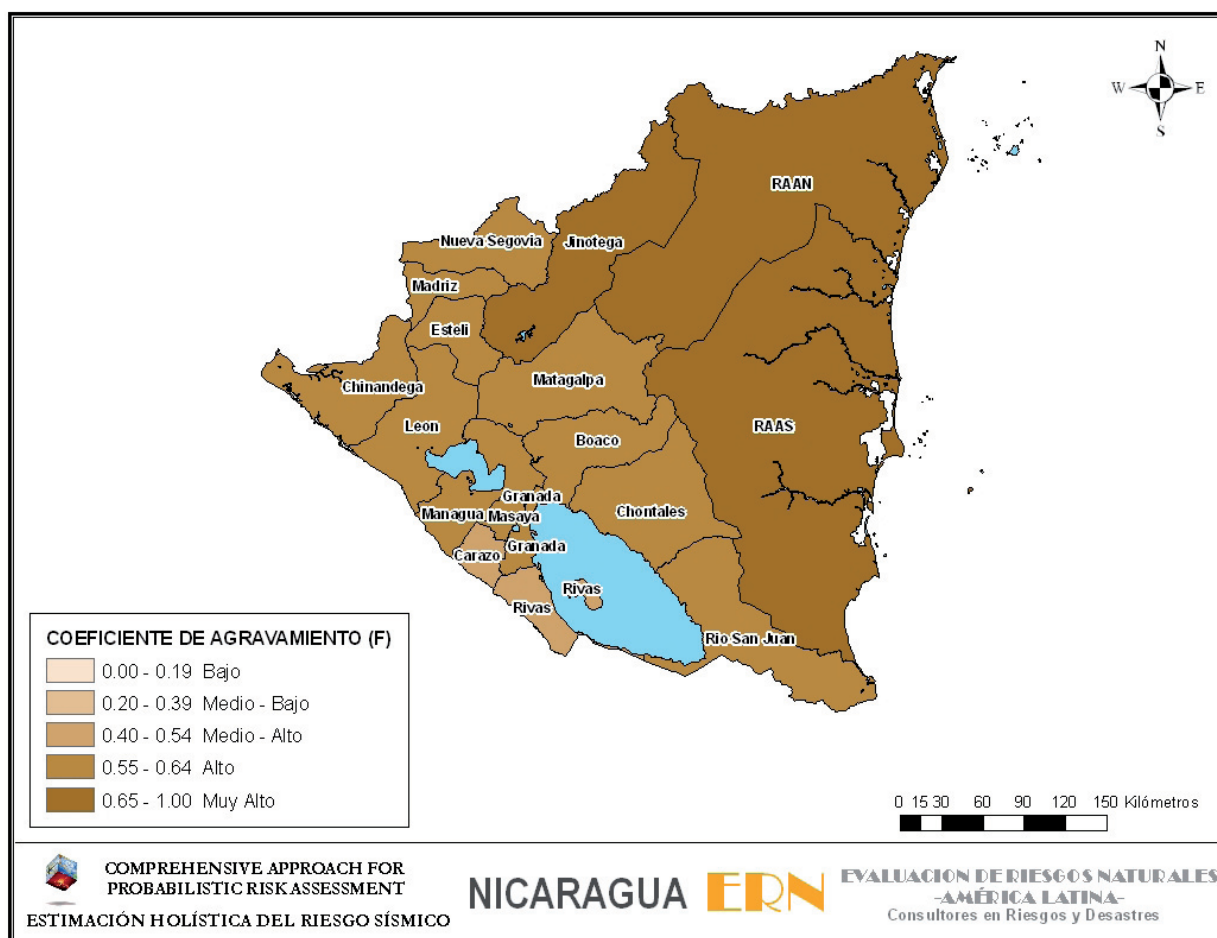


Figura 28 Mapa de resultados obtenidos por rangos de riesgo para el coeficiente de agravamiento

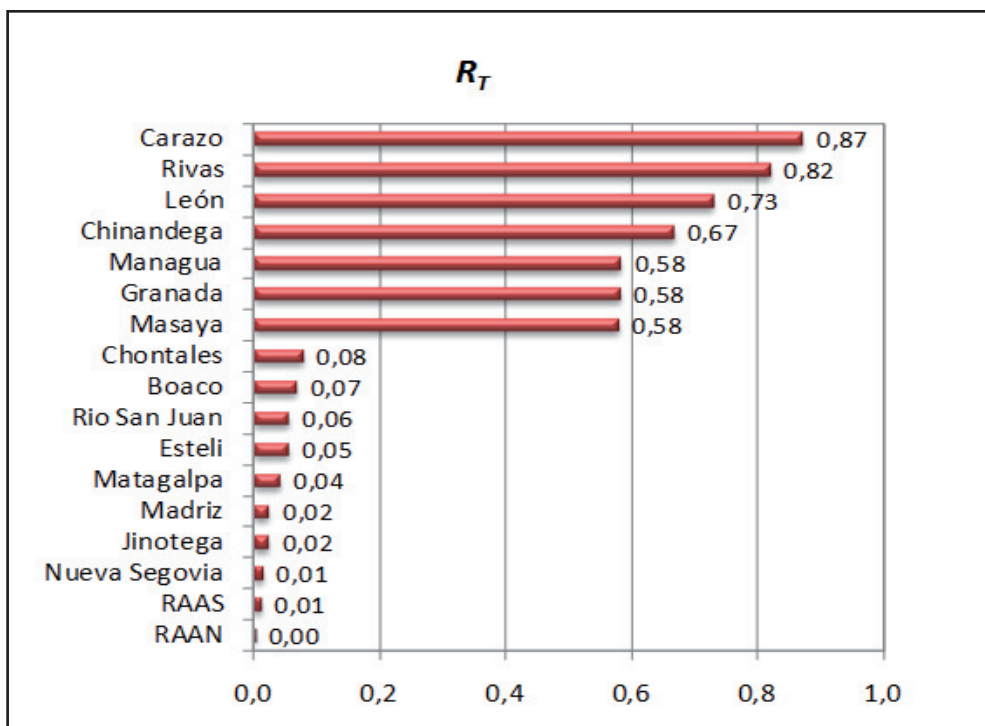


Figura 29 Resultados obtenidos del Índice de Riesgo Total por departamentos

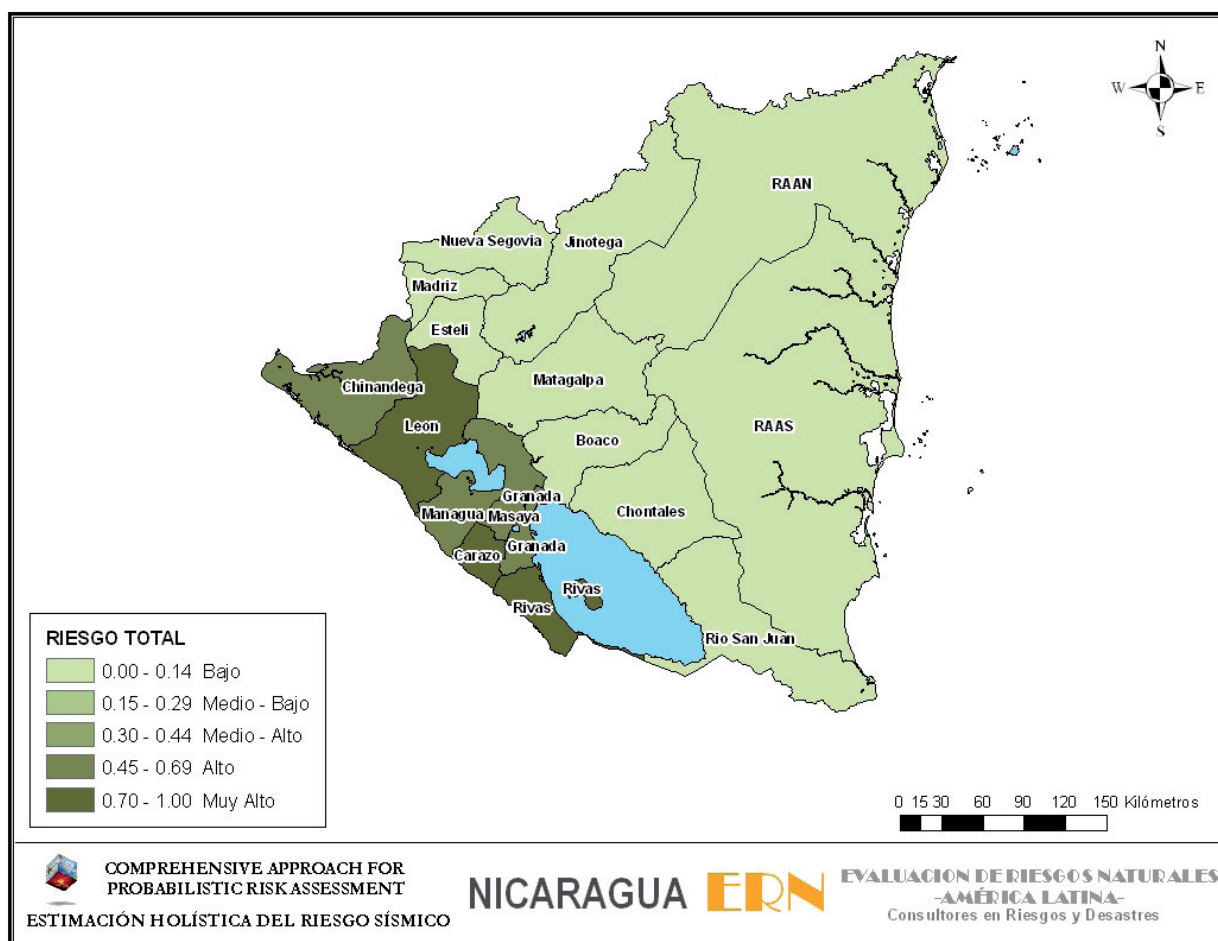


Figura 30 Mapa de resultados obtenidos por rangos de riesgo para el Índice de Riesgo Total

# Índices de Déficit por Desastre

Indicadores de riesgo de desastre y vulnerabilidad y puntos de referencia del desempeño de la gestión del riesgo son necesarios para que los tomadores de decisiones puedan tener acceso a información relevante y puedan así identificar o proponer políticas y acciones factibles. Uno de estos indicadores, relacionado con el impacto macroeconómico potencial, el Índice de Déficit de Desastres (IDD), ha sido útil para dar cuenta de la vulnerabilidad fiscal de un país en relación con el riesgo de desastre.

El IDD refleja el riesgo del país desde una perspectiva macroeconómica y financiera ante eventos catastróficos probables para lo cual es necesario estimar la situación de impacto más crítica en un tiempo de exposición y la capacidad financiera del país para hacer frente a dicha situación. Este índice mide la pérdida económica que un país en particular puede sufrir cuando un evento catastrófico tiene lugar, y las implicaciones en términos de los recursos necesarios para enfrentar la situación. La construcción del IDD requiere realizar un pronóstico de las pérdidas potenciales, como el PML y la AAL.

El  $IDD_{EMC}$  captura la relación entre la demanda de fondos económicos contingentes para cubrir la responsabilidad fiscal o pérdidas potenciales que debe asumir el sector público a causa de un Evento Máximo Considerado (EMC) —que puede ser el PML—, y la resiliencia económica que presente de dicho sector; es decir, la disponibilidad o acceso a fondos internos y externos del país para restituir el inventario afectado.

Esta capacidad financiera del país para enfrentar la situación tiene en cuenta: el pago de seguros y reaseguros que aproximadamente recibirá el país por los bienes y la infraestructura asegurada del gobierno; las reservas disponibles en fondos para desastres con los que cuenta el país en el año de la evaluación, los valores que pueden recibirse como ayudas y donaciones, tanto públicas como privadas, nacionales como internacionales; el valor posible de nuevos impuestos que cada país podría recaudar adicionalmente en caso de un desastre mayor; el margen de reasignación presupuestal del país, que usualmente corresponde al margen de gastos discrecionales del gobierno; valor factible de crédito externo que puede obtener el país con los organismos multilaterales y en el mercado de capitales en el exterior; y el crédito interno que puede obtener el país con los bancos comerciales y en algunos casos con el banco central.

Un  $IDD_{EMC}$  mayor que 1.0 refleja la incapacidad económica del país para hacer frente a desastres extremos aún cuando aumente al máximo su deuda. A mayor  $IDD_{EMC}$  mayor será el rango entre las pérdidas y la capacidad del país para enfrentarlos. Si existen restricciones para el endeudamiento adicional, esta situación implicaría la imposibilidad para recuperarse.

Por otra parte, el  $IDD_{GC}$  captura la porción de los Gastos de Capital (GC) del país que corresponde la pérdida anual esperada o prima pura de riesgo; es decir la AAL. Es decir, qué porcentaje de la inversión sería el pago anual por desastres futuros. En este caso el valor de la prima pura es equivalente a la inversión o ahorro promedio anual que tendría que hacer el país para cubrir aproximadamente sus pérdidas por desastres futuros. En caso de que las pérdidas anuales representen una fracción significativa de la inversión de capital del país se prevé que con el tiempo habría un déficit por desastres que implicarían el inevitable aumento de la deuda. Es decir, que el país no cuenta con suficientes recursos para atender futuros desastres. En caso de que existan restricciones para el endeudamiento adicional implicaría la imposibilidad de recuperarse.

La Figura 31 presenta los resultados del  $IDD_{GC}$  y el  $IDD_{EMC}$  para diferentes períodos de retorno.

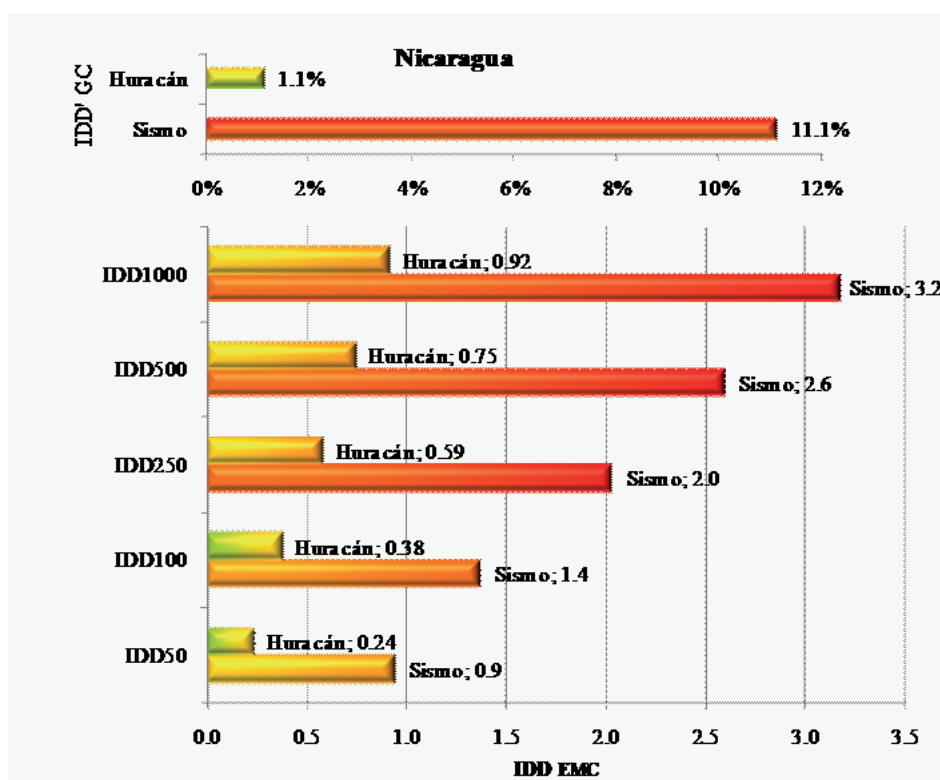


Figura 31 Resultados del IDDGC y del IDDEMC para diferentes períodos de retorno

En resumen, cada IDD da una idea interesante y útil, para un Ministerio de Finanzas y de Economía, del problema potencial de sostenibilidad financiera para el país que pueden significar los desastres. Por otro lado, dan una imagen compacta de la vulnerabilidad fiscal del país a causa desastres.

Estos indicadores permiten dimensionar de una manera sencilla la exposición fiscal y el déficit potencial (o pasivos contingentes) del país a causa de desastres extremos. Permiten a los tomadores de decisiones del nivel nacional tener una dimensión del problema presupuestal que tendría el país y la necesidad de considerar este tipo de cifras en la planificación financiera. Estos resultados ratifican la necesidad de identificar y proponer posibles políticas y acciones efectivas como la protección de los recursos del gobierno mediante el uso de seguros y reaseguros (mecanismos de transferencia) o establecer fondos de reservas con base en criterios adecuados de retención de pérdidas. Otras acciones incluyen contratación de créditos contingentes y, en particular, la necesidad de invertir en medidas estructurales y no estructurales de prevención y mitigación para reducir los daños y pérdidas y de esta forma el impacto económico futuro de los desastres.



# Evaluando el riesgo: A nivel Local

## Riesgo sísmico de Managua

Nicaragua se encuentra ubicada en una zona de interacción de placas tectónicas, cuyo movimiento relativo desarrolla esfuerzos en la corteza terrestre que han derivado sistemas de fallas activas y alta ocurrencia de terremotos, que a su vez han generado y pueden causar daños en la infraestructura y consecuencias en la población expuesta. La alta sismicidad del país ha sido ratificada por la ocurrencia de un amplio número de terremotos entre los cuales se destacan los sismos de 1931 y de 1972; ambos con un alto poder destructivo y con consecuencias desastrosas para la población y la economía del país. Considerando la alta amenaza sísmica a la que está sometida Managua y su población, es fundamental que en la ciudad se tengan planes de contingencia, de mitigación física y de protección financiera para cubrir pérdidas, que permitan enfrentar con mayor eficiencia una emergencia generada por un evento sísmico con características catastróficas.

En el proceso de conocimiento y evaluación del riesgo que se deriva de la ocurrencia de terremotos, se deben identificar condiciones de la ciudad relativas a la exposición del capital físico y humano y su distribución geográfica, la vulnerabilidad física y de la población y del potencial de daños y pérdidas que podrían presentarse. A través de un procedimiento de este tipo es posible contar con información útil para la toma de decisiones por parte de los funcionarios encargados de la planeación y desarrollo al poderse estimar la magnitud del impacto económico y social para la ciudad y el país. Así mismo, se pueden establecer parámetros para la formulación de planes dentro de la gestión ex ante y ex post del riesgo de desastres.

La evaluación del riesgo sísmico de Managua se llevó a cabo mediante el asocio de la amenaza sísmica con las funciones de vulnerabilidad sísmica definidas para los diferentes tipos constructivos de las edificaciones identificadas, empleando la herramienta de evaluación de riesgo del CAPRA. Se evaluó el porcentaje de daños esperado en cada una de las edificaciones expuestas. Este porcentaje de daño representan la inversión que se requeriría en porcentaje del valor total de la edificación para realizar la reparación o reconstrucción respectiva y así rehabilitar o reponer al mismo estado en que se encontraba la edificación antes de haber sido afectada.

## Estimación probabilista

Para evaluar los efectos máximos probables que se derivan de muchos eventos de diferentes magnitudes y que pueden ocurrir en fuentes sismogénicas distintas, en una ventana o segmento de tiempo determinado, se ha desarrollado una metodología probabilista de la amenaza sísmica. Este enfoque permite involucrar de manera analítica la incertidumbre asociada con las diferentes variables que intervienen en el cálculo de la amenaza y del riesgo sísmico de una región y permite realizar estimaciones asociadas con el nivel de probabilidad de ocurrencia de futuros eventos y de pérdidas respectivamente. Parámetros como la frecuencia de ocurrencia de determinado sismo, la probabilidad que ocurra en un sitio específico, la probabilidad de excedencia de intensidades

sísmicas, entre otros, son tenidos en cuenta en los modelos de cálculo, para conformar un análisis probabilístico de amenaza, de vulnerabilidad y de riesgo sísmico. El principal resultado que se obtiene es una curva del grado de amenaza o riesgo para diferentes periodos de retorno o tasas de ocurrencia, que expresa la probabilidad que una intensidad sísmica específica o una pérdida respectivamente sea igualada o excedida en un periodo de tiempo determinado.

Para el análisis probabilista de Managua se calcularon un total de 4011 escenarios de terremoto, cada uno de ellos asociado a una frecuencia de ocurrencia determinada, y que corresponden a un número significativo de sismos de diferente magnitud y con distintas epicentros. La valoración del riesgo se ha realizado en términos de:

- Porcentaje de efectos físicos en las construcciones.
- Pérdidas económicas directas aproximadas asociadas al daño en las construcciones
- Los efectos en la población en términos de pérdida de vidas y heridos.
- Pérdidas económicas máximas probables.
- Pérdidas anuales esperadas.

Estas estimaciones son el resultado de la convolución en términos probabilistas de la amenaza y la vulnerabilidad sísmica de la ciudad.

## Escenario determinista

El propósito de una evaluación determinista del riesgo es la simulación de un escenario de consecuencias que podrían ser causadas por un fuerte terremoto en la ciudad, teniendo como base la información de amenaza más actualizada posible y la información digital disponible sobre los elementos o activos expuestos de la ciudad, que está actualizada a 2004. Los resultados de la simulación pueden ser usados para análisis detallados posteriores y como insumos para la preparación del plan de contingencia o de atención de emergencias, la formulación de planes de reducción de la vulnerabilidad física, y para plantear posibles estrategias de financiación de las pérdidas esperadas. Las evaluaciones realizadas incluyen:

- a. Valoración de las pérdidas económicas para el escenario seleccionado.
- b. Estimación del número de viviendas afectadas (con algún tipo de daño) y de viviendas gravemente afectadas (con posible colapso parcial o total).
- c. Determinación aproximada del número de personas afectadas por los daños en las viviendas y que requieren reubicación temporal o reemplazo de la vivienda.
- d. Estimativo de víctimas humanas y su distribución geográfica.

Se seleccionó para efectos de evaluar la amenaza un sismo de magnitud 6.7 con epicentro cerca del mercado Mayoreo, sobre el lineamiento de la falla Aeropuerto. Se considera que este evento generaría un escenario de consecuencias representativo de la peor situación que podría presentarse en la ciudad, por lo cual se considera que es adecuado como insumo para el desarrollo del plan de contingencia interinstitucional, para formular procedimientos de emergencia por entidades y con fines de proponer programas de mitigación y protección financiera.

Las condiciones de exposición de Managua, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se encuentran identificadas en la base de exposición disponible, la cual cuenta con un total de 160 454 inmuebles. Constituye la mejor información disponible a la fecha, al permitir establecer distribución geográfica de sistema estructural y número de pisos, los cuales son los principales determinantes de la vulnerabilidad asociada a cada predio.

Las figuras y los mapas que se presentan a continuación presentan resultados de la evaluación del riesgo sísmico utilizando tanto el enfoque probabilista como determinista del riesgo.



Tabla 4 Valores expuestos y resultados de pérdidas probables

Sistema	Valor expuesto		Pérdida anual		Pérdida Tr 100 años		Pérdida Tr 500 años	
	[MDC]	[%]	[MDC]	[%]	[MDC]	[%]	[MDC]	[%]
Acero	\$ 129	0.1%	\$ 0	0.0 ‰	\$ 0	0.2%	\$ 1	0.5%
Adobe	\$ 42	0.0%	\$ 0	1.3 ‰	\$ 2	5.7%	\$ 9	20.5%
Madera	\$ 23,907	24.0%	\$ 19	0.8 ‰	\$ 642	2.7%	\$ 2,303	9.6%
Mampostería	\$ 16,485	16.5%	\$ 14	0.9 ‰	\$ 451	2.7%	\$ 1,619	9.8%
Otro	\$ 55,518	55.7%	\$ 151	2.7 ‰	\$ 4,873	8.8%	\$ 17,486	31.5%
PCR	\$ 3,061	3.1%	\$ 1	0.2 ‰	\$ 21	0.7%	\$ 75	2.4%
Pref	\$ 544	0.5%	\$ 2	3.0 ‰	\$ 62	11.3%	\$ 221	40.6%
<b>Totales</b>	<b>\$ 99,686</b>	<b>100.0%</b>	<b>\$ 187</b>	<b>1.9 ‰</b>	<b>\$ 6,051</b>	<b>6.1%</b>	<b>\$ 21,713</b>	<b>21.8%</b>

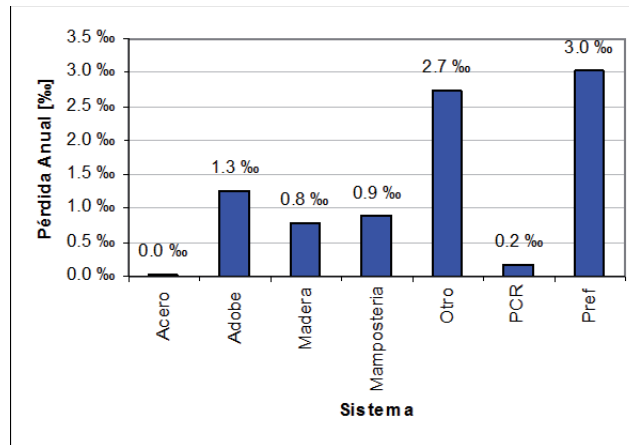


Figura 32 Pérdida anual esperada por sistema estructural

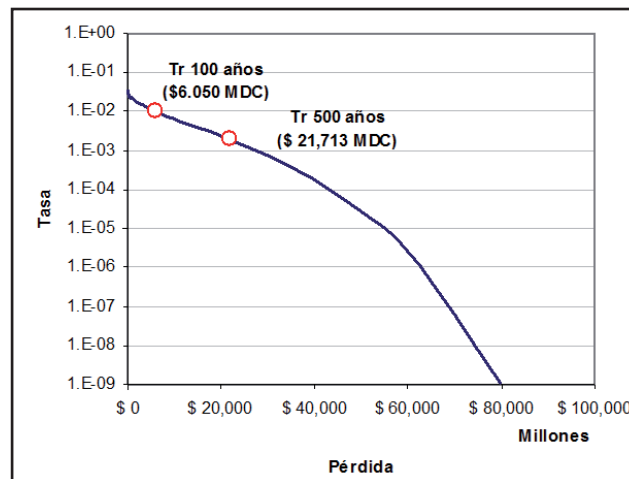


Figura 33 Curva de excedencia de pérdidas

## Conclusiones y recomendaciones

El análisis de riesgo sísmico de Managua debe verse como una plataforma inicial que permite la cuantificación y calificación del riesgo en la ciudad en cualquier instante de tiempo (según la mejor información disponible) y que debe servir de base para que mediante la complementación paulatina de la información se convierta en el corto plazo en una evaluación integral de riesgo para efectos de toma de decisiones.

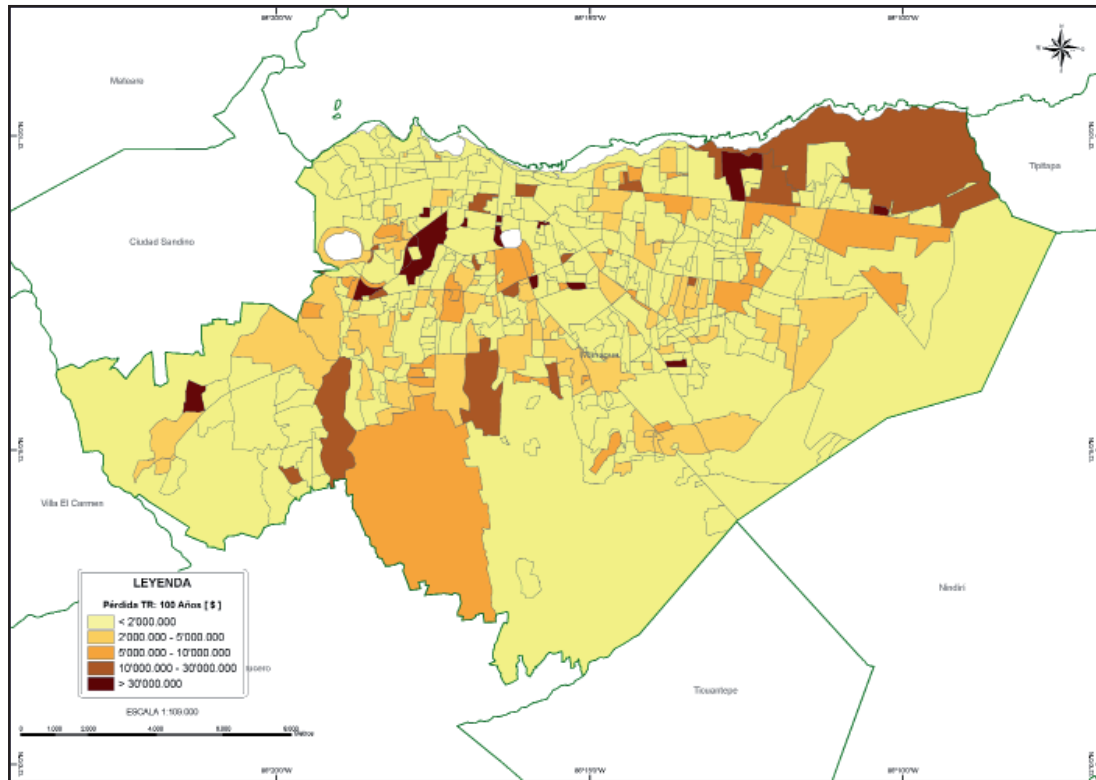
A continuación se dejan explícitas las limitaciones en la información utilizada para los análisis, lo cual debe servir de base para los planes de trabajos y estudios futuros por parte de la ciudad con miras a mejorar la calidad y confiabilidad de estos resultados preliminares presentados.

**Información Sísmica:** Se puede considerar de muy buena calidad y completa para efectos del presente análisis.

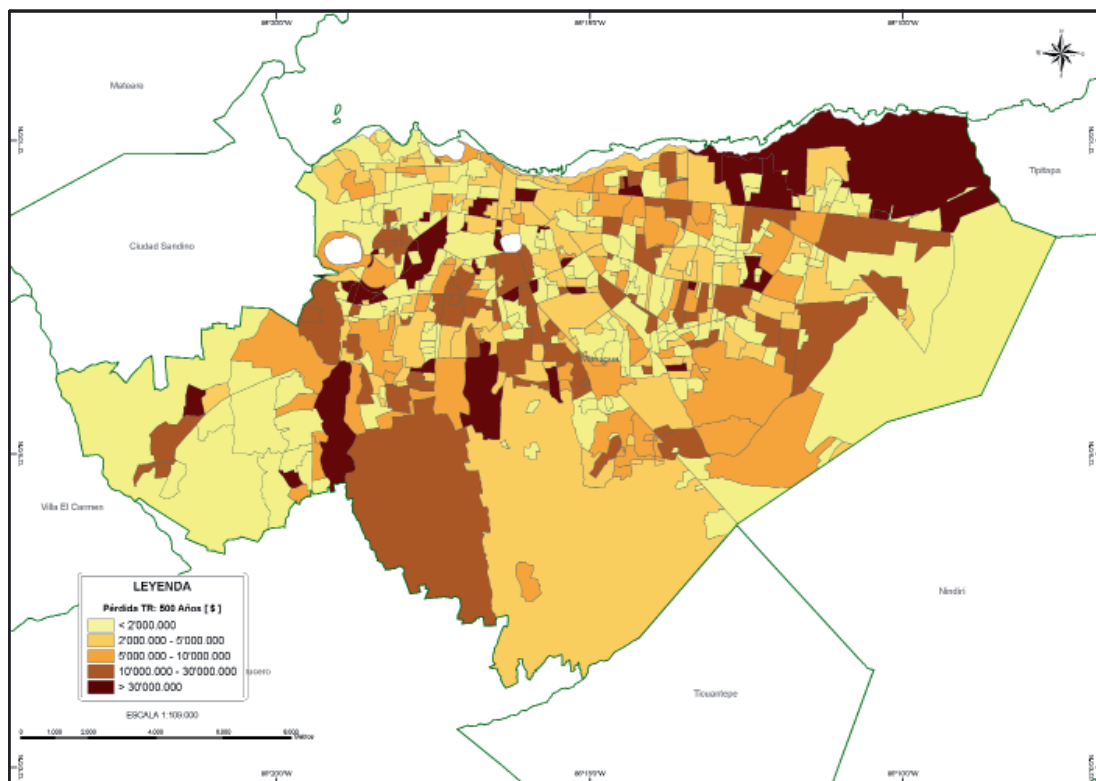
- a. **Información de exposición:** Este trabajo se ha hecho con datos que fueron aportados en 2004 y las cifras indican que pueden ser menos de la mitad de las cifras que se estiman actualmente de población y de los elementos expuestos que se han incluido en este análisis. Por esta razón, se recomienda hacer el mejor esfuerzo por tener bases de datos actualizadas que permitan evaluaciones acordes con la realidad y de mayor precisión para efectos de la toma de decisiones que se deriva de estos estudios. Deben plantearse programas de levantamiento de información con base en visitas de campo intensivas.
- b. Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan en el mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación. Estos trabajos deben basarse en modelaciones analíticas y experimentales de los tipos constructivos típicos de la ciudad y en observaciones del comportamiento de tipos constructivos característicos ante eventos determinados.
- c. Los resultados de los análisis de riesgo y su interpretación para la toma de decisiones debe realizarse de manera conjunta con las entidades y especialistas a cargo de cada uno de los aplicativos que pueden derivarse de estos resultados.
- d. Los resultados presentados anteriormente dependen directamente de la calidad y tipo de información suministrada al modelo. Entre más detallada y confiable sea la información, menor será la incertidumbre asociada a los resultados y por lo tanto el proceso de toma de decisiones podrá realizarse con mayor nivel de confianza.

El análisis de riesgo con las herramientas indicadas se convierte por lo tanto en un elemento fundamental para la gestión integral del riesgo; factor clave para el desarrollo económico y social. El proceso exige la participación activa de entidades públicas, universidades, el sector privado y de la comunidad en general relacionada con esta temática.

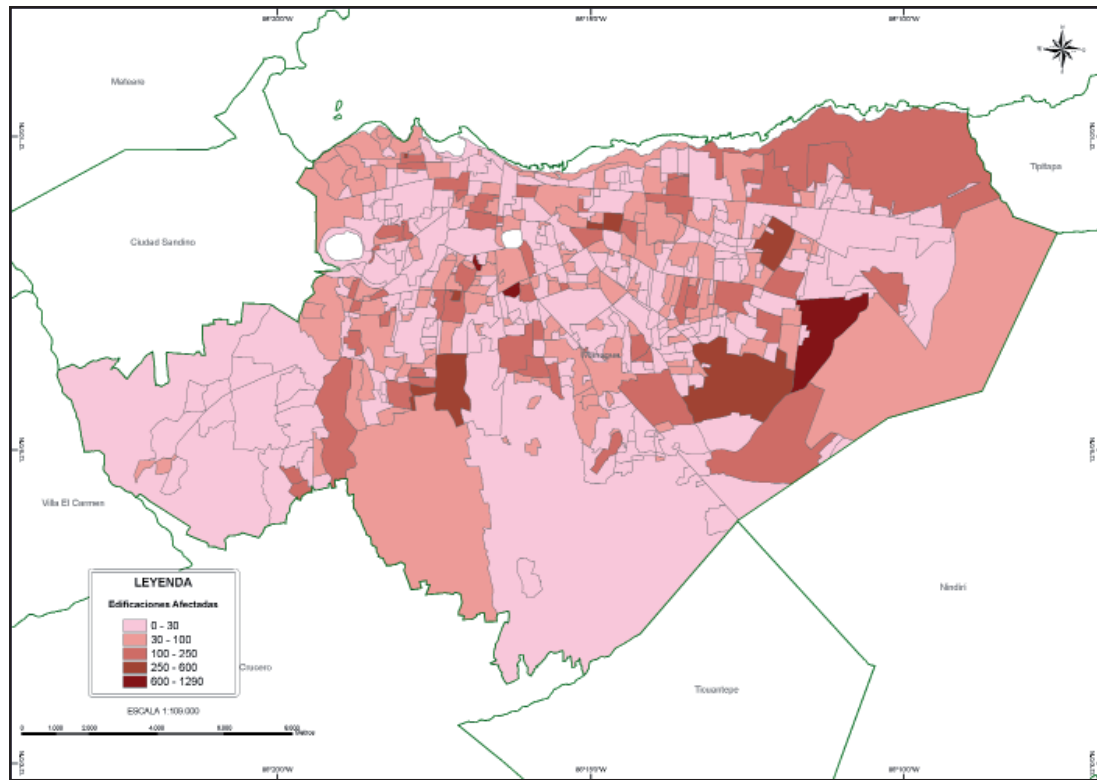
Mapa 68 Pérdidas esperadas por barrio, período de retorno: 100 años



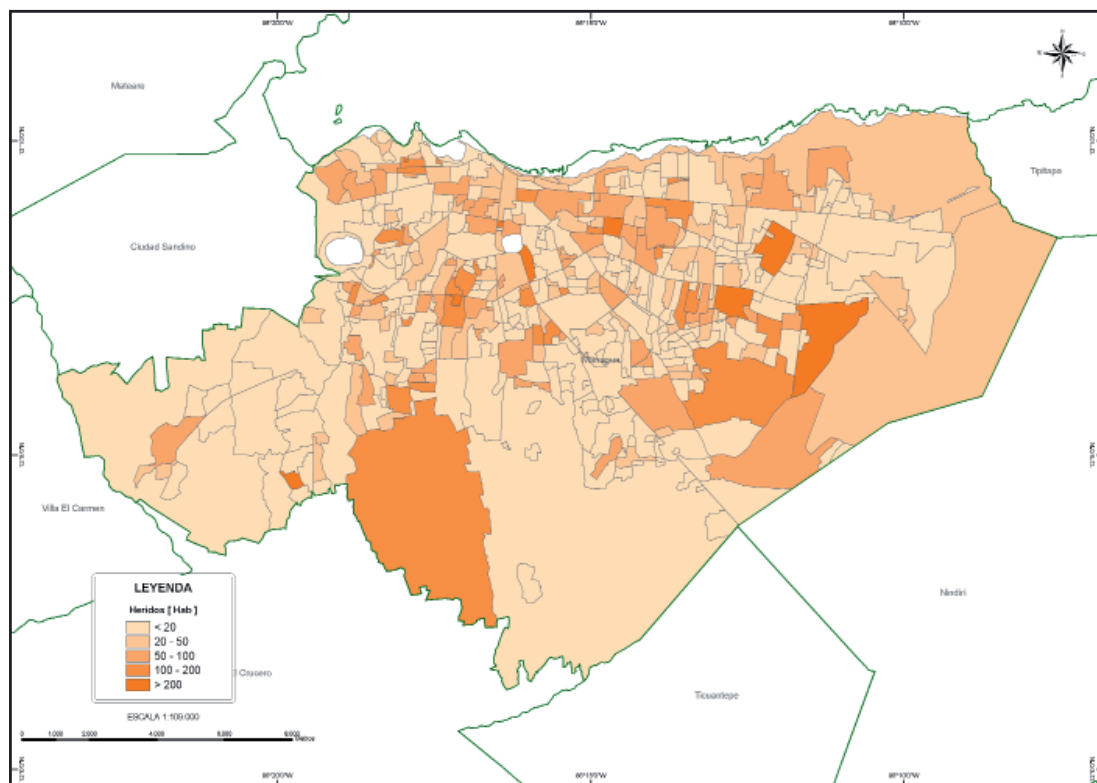
Mapa 69 Pérdidas esperadas por barrio, período de retorno: 500 años



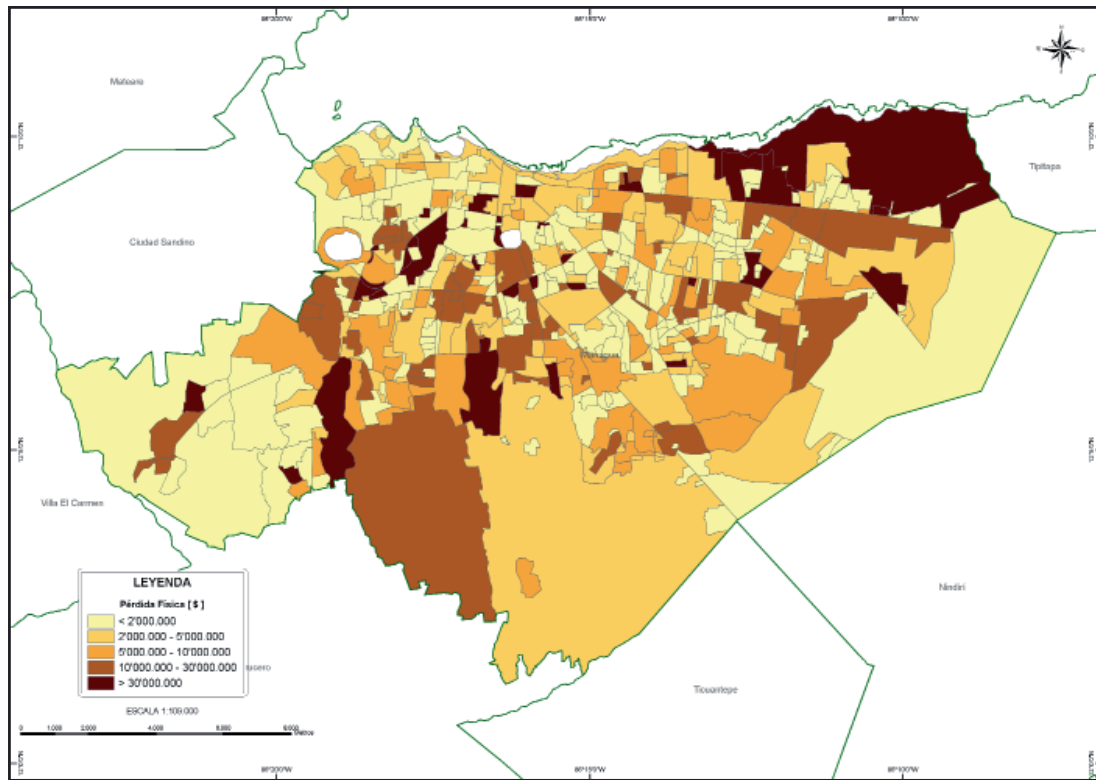
Mapa 70 Escenario de número de edificaciones afectadas por barrio



Mapa 71 Escenario de número de heridos por barrio



Mapa 72 Escenario de pérdidas económicas por barrio



# Riesgo tsunamigénico en San Juan del Sur

## Metodología para la evaluación del riesgo

La metodología para la evaluación del riesgo por tsunami para San Juan del Sur incluyó los siguientes aspectos:

- a. Evaluación de la amenaza por inundación: Esta se evalúa mediante un análisis probabilístico y mediante escenarios específicos deterministas. El primero permite obtener resultados relacionados con pérdidas anuales esperadas para cada uno de los bienes y para el portafolio en general. El segundo permite obtener la pérdida esperada para cada bien y el portafolio en general dada la posible ocurrencia del evento seleccionado en el escenario.
- b. Inventario de bienes expuestos: Dado que no fue posible contar con la información catastral detallada de la población, se recurrió al levantamiento del inventario de activos expuestos basado en observaciones de imágenes de satélite e interpretación de las mismas. Información oficial e indicadores publicados permitieron establecer los valores de reposición aproximados y los índices de ocupación.
- c. Funciones de vulnerabilidad: Los diferentes tipos constructivos identificados en la zona se caracterizan mediante una función de vulnerabilidad que da cuenta de la capacidad de la edificación para resistir la acción de los diferentes eventos considerados. Estas funciones de vulnerabilidad representan el comportamiento esperado (probable) de las edificaciones de cada tipo estructural particular, por lo que su uso es adecuado en términos estadísticos cuando existe un inventario amplio de activos expuestos. El análisis utiliza las funciones de vulnerabilidad propuestas en HAZUS MH MR3.
- d. Evaluación del riesgo: Se llevó a cabo mediante el asocio de las amenazas consideradas con el inventario de activos expuestos y las funciones de vulnerabilidad respectivas. Para el efecto se emplea la herramienta de evaluación de riesgo CAPRA-GIS (ERN 2009). Se evaluó, entonces, el porcentaje de daños esperado en cada una de las edificaciones expuestas para cada uno de los escenarios planteados y para el análisis probabilista integral.
- e. La valoración del riesgo se presenta en términos de estimaciones de:
  - Porcentaje de afectación física de las construcciones.
  - Pérdidas económicas directas aproximadas asociadas al daño en las construcciones.
  - Pérdidas económicas máximas probables.
  - Pérdidas anuales esperadas.

## Levantamiento de la información básica

En población de San Juan del Sur no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas, su distribución o actividad económica, así como tampoco se cuenta con un base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que son de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a estimar la base de datos de exposición, basados en estadísticas de población, fotografías satelitales y conceptos de expertos locales, a manera de ejemplo para mostrar las capacidades del sistema CAPRA. Esta información, al igual que cualquier otro modelo de información aproximada, es indicativa y susceptible de ser mejorada, actualizada y depurada mediante trabajo cuidadoso de campo o mediante la disponibilidad de la información catastral detallada.

La figura a continuación presenta una imagen de los predios digitalizados utilizando la herramienta web de Zonificación Urbana de CAPRA (disponible en [www.ecapra.org/zonhu.php](http://www.ecapra.org/zonhu.php)). Dicha herramienta permite identificar, sobre imágenes satelitales de Google Maps, zonas de exposición homogénea, es decir, zonas en donde pueden identificarse condiciones de uso, niveles de ocupación, costo y densidades de construcción similares. Cada zona es luego calificada en términos de porcentajes identificados de tipos constructivos, con relación a lo observado durante el levantamiento de información.



Figura 34 Vista de predios en San Juan del Sur

## Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición de San Juan del Sur, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asigna mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones.

## Resultados de la evaluación de riesgo

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación probabilista de pérdidas por tsunami para San Juan de Sur. En el sitio [www.ecpra.org](http://www.ecpra.org) se puede consultar en detalle la metodología de evaluación de pérdidas empleada en este estudio.

Tabla 5 Medidas probabilistas del riesgo

Resultados		
Valor Expuesto	USD\$ x10 <sup>6</sup>	\$ 198.20
Pérdida anual esperada	USD\$ x10 <sup>6</sup>	\$ 0.14
	‰	0.68
PML		
Periodo retorno	Pérdida	
años	USD\$ x10 <sup>6</sup>	%
100	\$ 1.64	0.9
250	\$ 2.07	1.1
500	\$ 2.42	1.3
1000	\$ 2.74	1.5

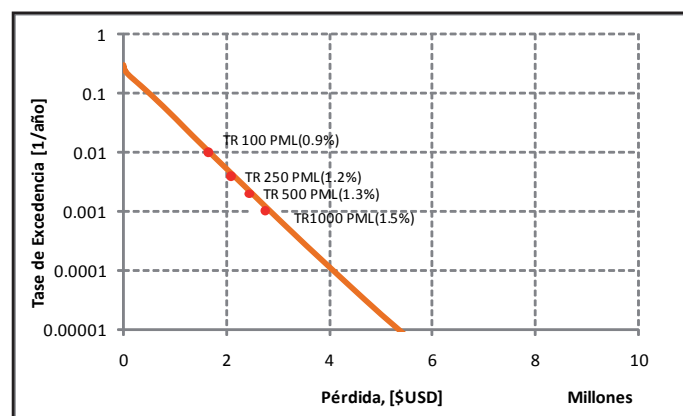


Figura 35 Curva de excedencia de pérdidas

## Conclusiones y recomendaciones

El análisis de riesgo por tsunami en la población de San Juan del Sur debe considerarse como una evaluación preliminar e ilustrativa de la capacidad del modelo que permite la cuantificación y calificación del riesgo en este asentamiento humano en cualquier instante de tiempo (según la mejor información disponible) y que puede servir de base para que mediante la complementación paulatina de la información se convierta en el corto plazo en una evaluación de riesgo para efectos de toma de decisiones.

A continuación se dejan explícitas las limitaciones de la información utilizada para los análisis, lo cual debe tenerse en cuenta para los futuros estudios y planes por parte de la administración con miras a mejorar la calidad y confiabilidad de estos resultados preliminares presentados.

1. Información de amenaza por inundación: Es susceptible de mejorar en forma significativa, especialmente en lo relacionado con la batimetría detallada de la zona cercana a la costa y la topografía de detalle de la zona costera. También es muy importante mantener actualizado el catálogo de eventos pasados con información más precisa relacionada con efectos, daños e impactos



producidos.

2. Información de exposición: Debe utilizarse la base catastral de la población. El modelo utilizado en el presente análisis solo sirve con propósitos ilustrativos e indicativos de valores de pérdidas esperadas. Para efectos de resultados con fines de toma de decisiones debe contarse con la base catastral de la ciudad y con índices oficiales de ocupación y costos. Alternativamente, deben plantearse programas de levantamiento de información con base en visitas de campo que cubran la mayor cantidad de registros posible.
3. Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan a mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación. Estos trabajos deben basarse en modelaciones analíticas y experimentales de los tipos constructivos típicos de la ciudad y en observaciones del comportamiento de tipos constructivos característicos ante eventos determinados.
4. Los resultados de los análisis de riesgo y su interpretación para la toma de decisiones debe realizarse de manera conjunta con las entidades y especialistas a cargo de cada una de las acciones que pueden derivarse de estos resultados.

Los resultados presentados anteriormente dependen directamente de la calidad y tipo de información suministrada al modelo. Entre más detallada y confiable sea la información, menor será la incertidumbre asociada a los resultados y por lo tanto el proceso de toma de decisiones podrá realizarse con mayor nivel de confianza.

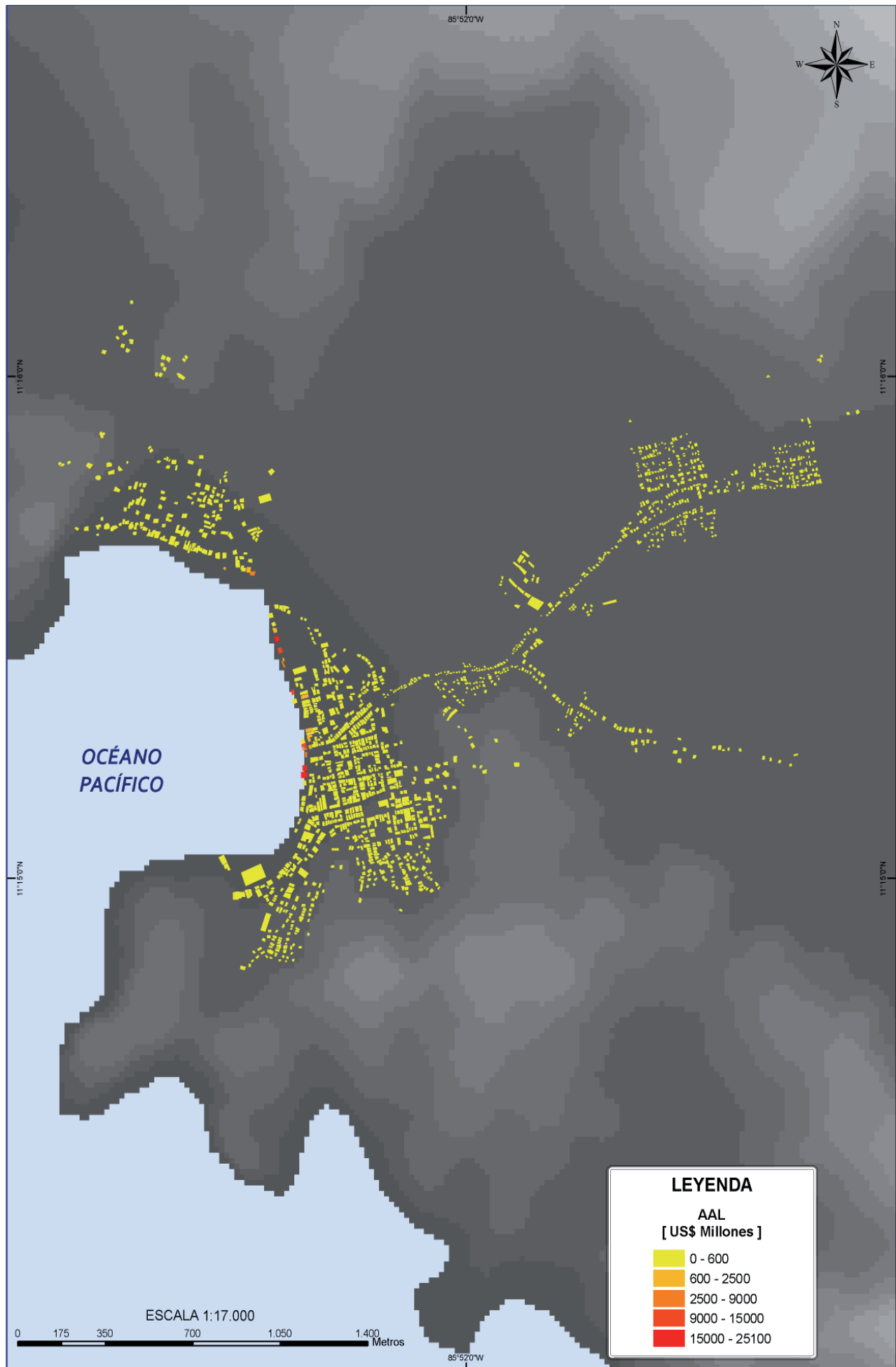
En particular se hace especial énfasis en actualizar la información referente a:

- Inventario de construcciones expuestas incluyendo sus características principales.
- Valoración de activos, sus contenidos y posibles pérdidas consecuenciales.
- Identificación de tipos estructurales dominantes y distribución dentro de la ciudad.
- Categorización de tipos de contenidos, calificación y valoración.
- Calificación de la vulnerabilidad estructural y humana ante las diferentes fuentes de amenaza.
- Inventario, valoración y calificación de toda la infraestructura complementaria expuesta.

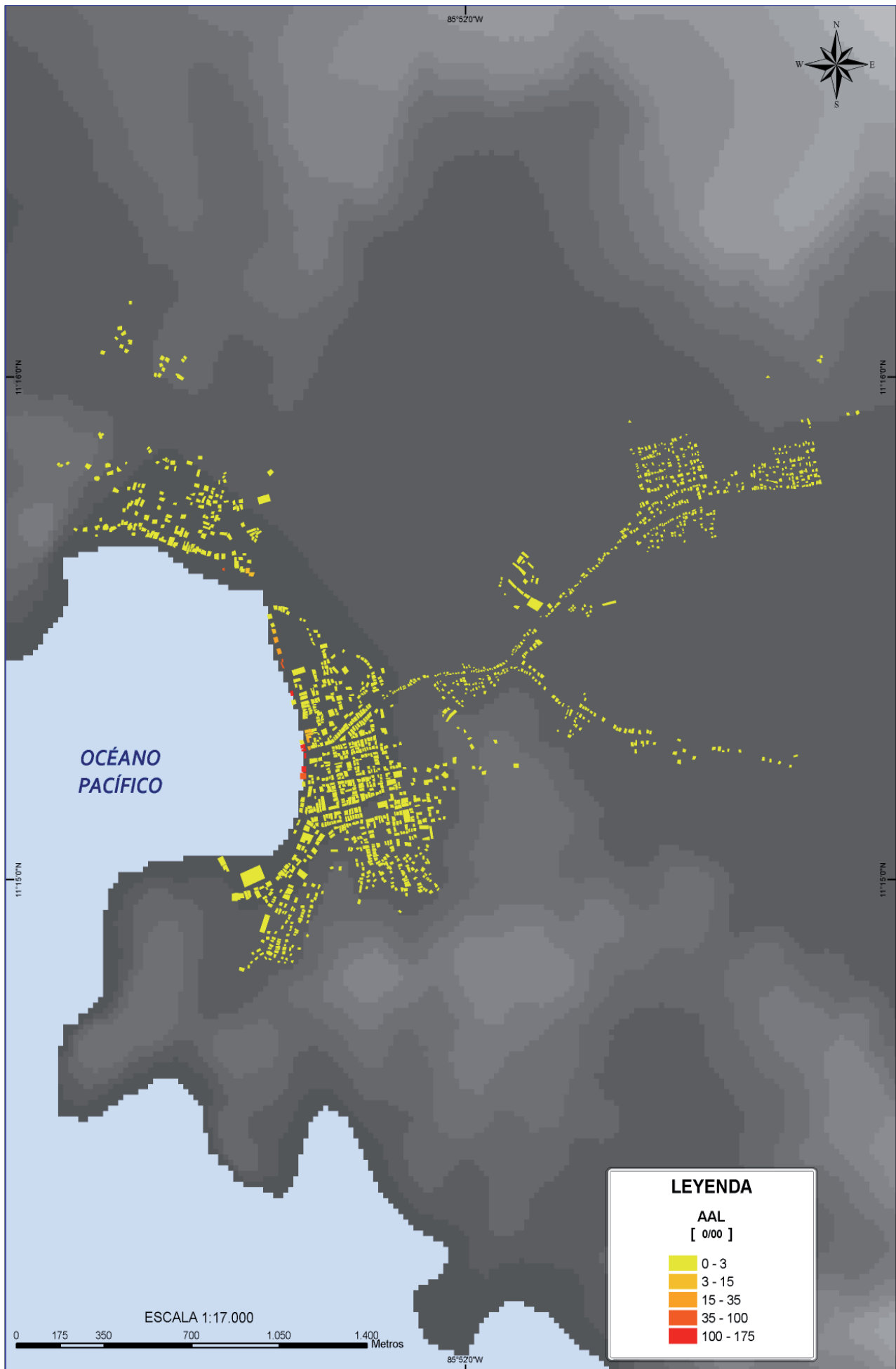
## Mapa de riesgo por distritos

A continuación se presentan los resultados de manera gráfica en mapas que están divididos en los diferentes distritos que conforman a San Juan del Sur. La pérdida esta expresada en millones de dólares al millar.

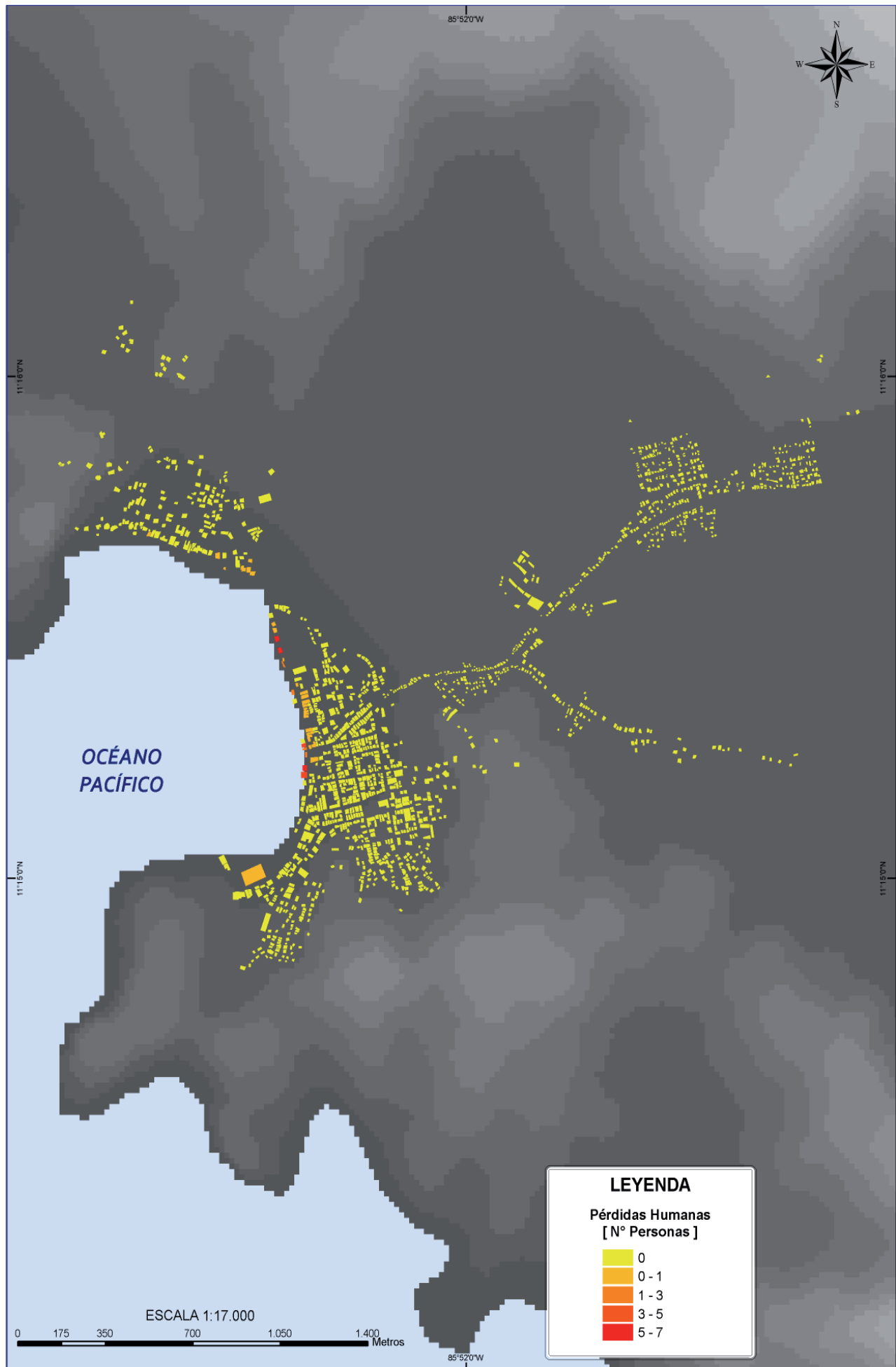
Mapa 73 Pérdida anual esperada por tsunami (valor)



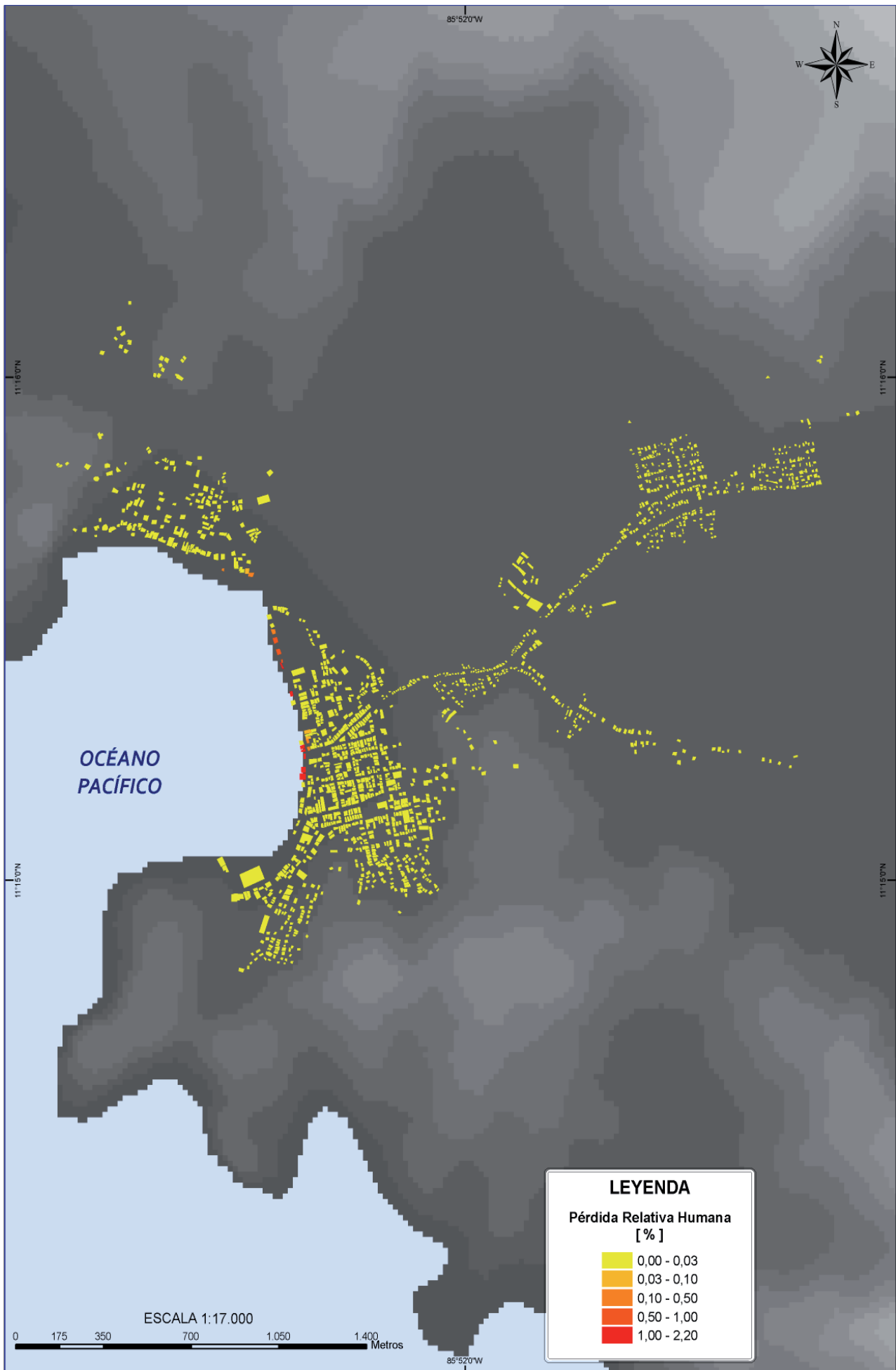
Mapa 74 Pérdida anual esperada por tsunami (‰)



Mapa 75 Pérdidas humanas por tsunami (Número de personas)



Mapa 76 Pérdida relativa humana por tsunami (%)



# Riesgo por huracán en Bluefields

## Metodología para la evaluación del riesgo

La metodología para la evaluación del riesgo por huracán en Bluefields incluyó los siguientes aspectos:

- a. Evaluación de la amenaza por viento y por marea de tormenta: Estas amenazas se evaluaron mediante un análisis probabilista y mediante escenarios específicos deterministas. El primero permite obtener resultados relacionados con pérdidas anuales esperadas para cada uno de los bienes y para el portafolio en general. El segundo permite obtener la pérdida esperada para cada bien y el portafolio en general dada la ocurrencia de un evento seleccionado para el escenario.
- b. Inventario de bienes expuestos: Dado que no fue posible contar con la información catastral detallada de la población, se recurrió al levantamiento del inventario de activos expuestos basado en observaciones de imágenes de satélite e interpretación de las mismas. Información oficial e indicadores publicados permitieron establecer los valores de reposición aproximados y los índices de ocupación.
- c. Funciones de vulnerabilidad: Los diferentes tipos constructivos identificados en la zona se caracterizan mediante una función de vulnerabilidad que da cuenta de la capacidad de la edificación para resistir la acción de los diferentes eventos considerados. Estas funciones de vulnerabilidad representan el comportamiento esperado (probable) de las edificaciones de cada tipo estructural particular, por lo que su uso es adecuado en términos estadísticos cuando existe un inventario amplio de activos expuestos. El análisis utiliza las funciones de vulnerabilidad propuestas en HAZUS MH MR3.
- d. Evaluación del riesgo: La evaluación del riesgo se llevó a cabo mediante el asocio de las amenazas consideradas con el inventario de activos expuestos y las funciones de vulnerabilidad respectivas. Para el efecto se empleó la herramienta de evaluación de riesgo CAPRA-GIS (ERN 2009). Se evaluó, entonces, el porcentaje de daños esperado en cada una de las edificaciones expuestas para cada uno de los escenarios planteados y para el análisis probabilista integral.
- e. La valoración del riesgo se presenta en términos de estimaciones de:
  - Porcentaje de afectación física de las construcciones.
  - Pérdidas económicas directas aproximadas asociadas al daño en las construcciones
  - Pérdidas económicas máximas probables.
  - Pérdidas anuales esperadas.

## Levantamiento de la información básica

En la población de Bluefields no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas, su distribución o actividad económica, así como tampoco se cuenta con un base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que son de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a estimar la base de datos de exposición, utilizando estadísticas de población, fotografías satelitales y conceptos de expertos locales, a manera de ejemplo para ilustrar las capacidades del sistema CAPRA. Esta información, al igual que cualquier otro modelo de información aproximada, es indicativa y susceptible de ser mejorada, actualizada y depurada mediante trabajo cuidadoso de campo o mediante la el uso de la información catastral detallada.

La figura a continuación presenta una imagen de los predios digitalizados utilizando la herramienta web de Zonificación Urbana de CAPRA (disponible en [www.ecapra.org/zonhu.php](http://www.ecapra.org/zonhu.php)). Dicha herramienta permite identificar, sobre imágenes satelitales de Google Maps, zonas de exposición homogénea, es decir, zonas en donde pueden identificarse condiciones de uso, niveles de ocupación, costo y densidades de construcción similares. Cada zona es luego calificada en términos de porcentajes identificados de tipos constructivos, con relación a lo observado durante el levantamiento realizado.

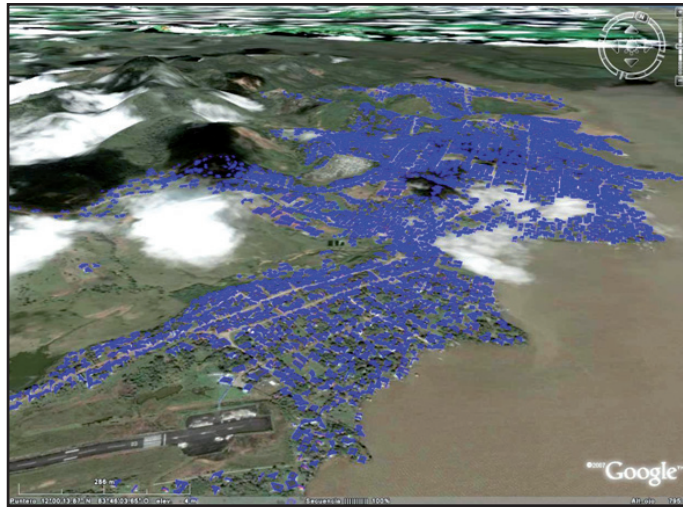


Figura 36 Vista de predios de Bluefields

## Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición de Bluefields, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asigna mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones.

## Resultados de la evaluación de riesgo

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación probabilista de pérdidas por huracán para Bluefields. En el sitio [www.ecapra.org](http://www.ecapra.org) se puede consultar en detalle la metodología de evaluación de pérdidas empleada en este estudio.

Tabla 6 Medidas probabilistas del riesgo

Resultados		
Valor Expuesto	USD\$ x10 <sup>6</sup>	\$ 304.63
Pérdida anual esperada	USD\$ x10 <sup>6</sup>	\$ 0.82
	‰	2.7
PML		
Periodo retorno	Pérdida	
años	USD\$ x10 <sup>6</sup>	%
100	\$ 16.70	5.5
250	\$ 28.60	9.4
500	\$ 38.80	12.8
1000	\$ 49.50	16.3

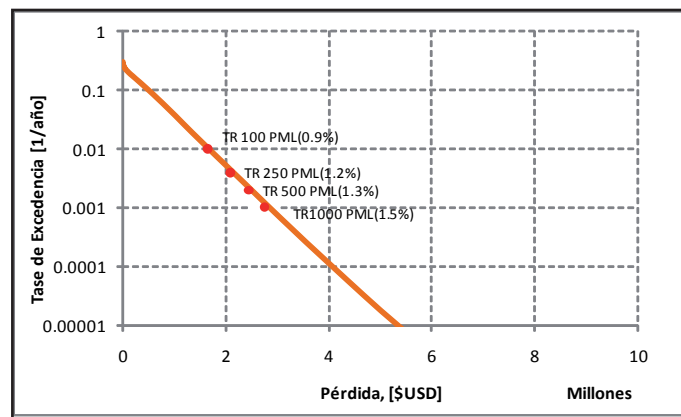


Figura 37 Curva de excedencia de pérdidas

## Conclusiones y recomendaciones

El análisis de riesgo por huracán en la población de Bluefields debe considerarse como una evaluación preliminar e ilustrativa de la capacidad del modelo que permite la cuantificación y calificación del riesgo en este asentamiento humano en cualquier instante de tiempo (según la mejor información disponible) y que puede servir de base para que mediante la complementación paulatina de la información se convierta en el corto plazo en una evaluación de riesgo para efectos de toma de decisiones.

A continuación se dejan explícitas las limitaciones de la información utilizada para los análisis, lo cual debe tenerse en cuenta para los futuros estudios y planes por parte de la administración con miras a mejorar la calidad y confiabilidad de estos resultados preliminares presentados.

- Información de amenaza por viento huracanado: Se puede considerar de muy buena calidad y completa para efectos del presente análisis. El costo y tiempo requerido para mejorar este tipo de información es muy alto y requiere sobre todo de la disponibilidad de más y mejor información. Es de la mayor importancia mantener el catálogo de eventos actualizado y con mejor información para efectos de calibración y ajuste de los modelos.
- Información de amenaza por marea de tormenta: es susceptible de mejorar en forma significativa, especialmente lo relacionado con la batimetría detallada de la zona cercana a la costa y la topografía de detalle de la zona costera. También es muy importante mantener actualizado el catálogo de eventos pasados con la mayor cantidad de información relacionada



con efectos, daños e impactos producidos.

- c. Información de exposición: Debe recurrirse a la base catastral de la población. El modelo utilizado en el presente análisis solo sirve con propósitos ilustrativos e indicativos de valores de pérdidas esperadas. Para efectos de resultados con fines de toma de decisiones debe contarse con la base catastral de la ciudad y con índices oficiales de ocupación y costos. Alternativamente debe plantearse programas de levantamiento de información con base en visitas de campo que cubran la mayor cantidad de registros posible.
- d. Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan a mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación. Estos trabajos deben basarse en modelaciones analíticas y experimentales de los tipos constructivos típicos de la ciudad y en observaciones del comportamiento de tipos constructivos característicos ante eventos determinados.
- e. Los resultados de los análisis de riesgo y su interpretación para la toma de decisiones debe realizarse de manera conjunta con las entidades y especialistas a cargo de cada uno de los aplicativos que pueden derivarse de estos resultados.
- f. Los resultados presentados anteriormente dependen directamente de la calidad y tipo de información suministrada al modelo. Entre más detallada y confiable sea la información, menor será la incertidumbre asociada a los resultados y por lo tanto el proceso de toma de decisiones podrá realizarse con mayor nivel de confianza.

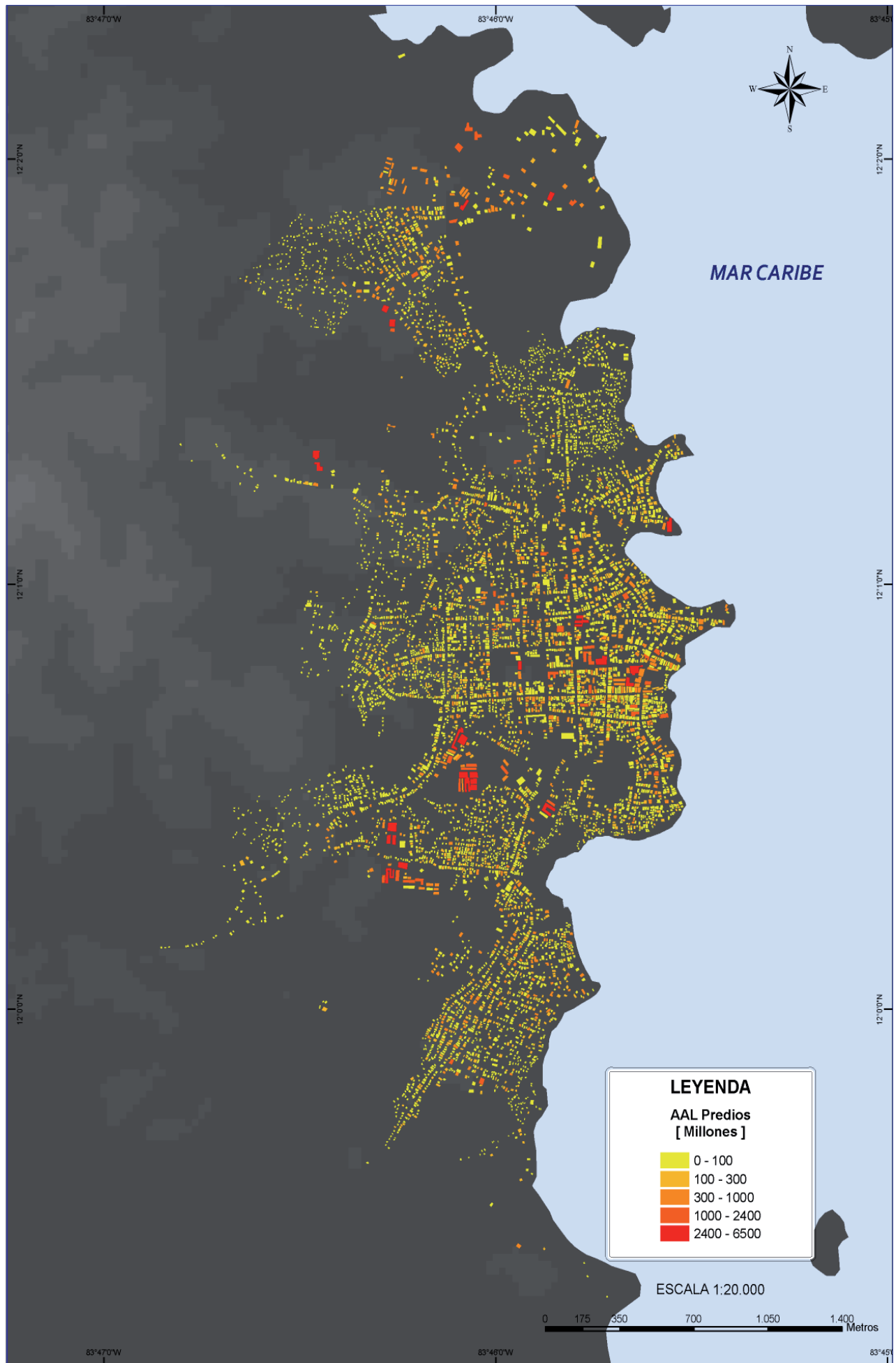
En particular se hace especial énfasis en actualizar la información referente a:

- Inventario de construcciones expuestas incluyendo sus características principales.
- Valoración de activos, sus contenidos y posibles pérdidas consecuenciales.
- Identificación de tipos estructurales dominantes y distribución dentro de la ciudad.
- Categorización de tipos de contenidos, calificación y valoración.
- Calificación de la vulnerabilidad estructural y humana ante las diferentes fuentes de amenaza.
- Inventario, valoración y calificación de toda la infraestructura complementaria expuesta.

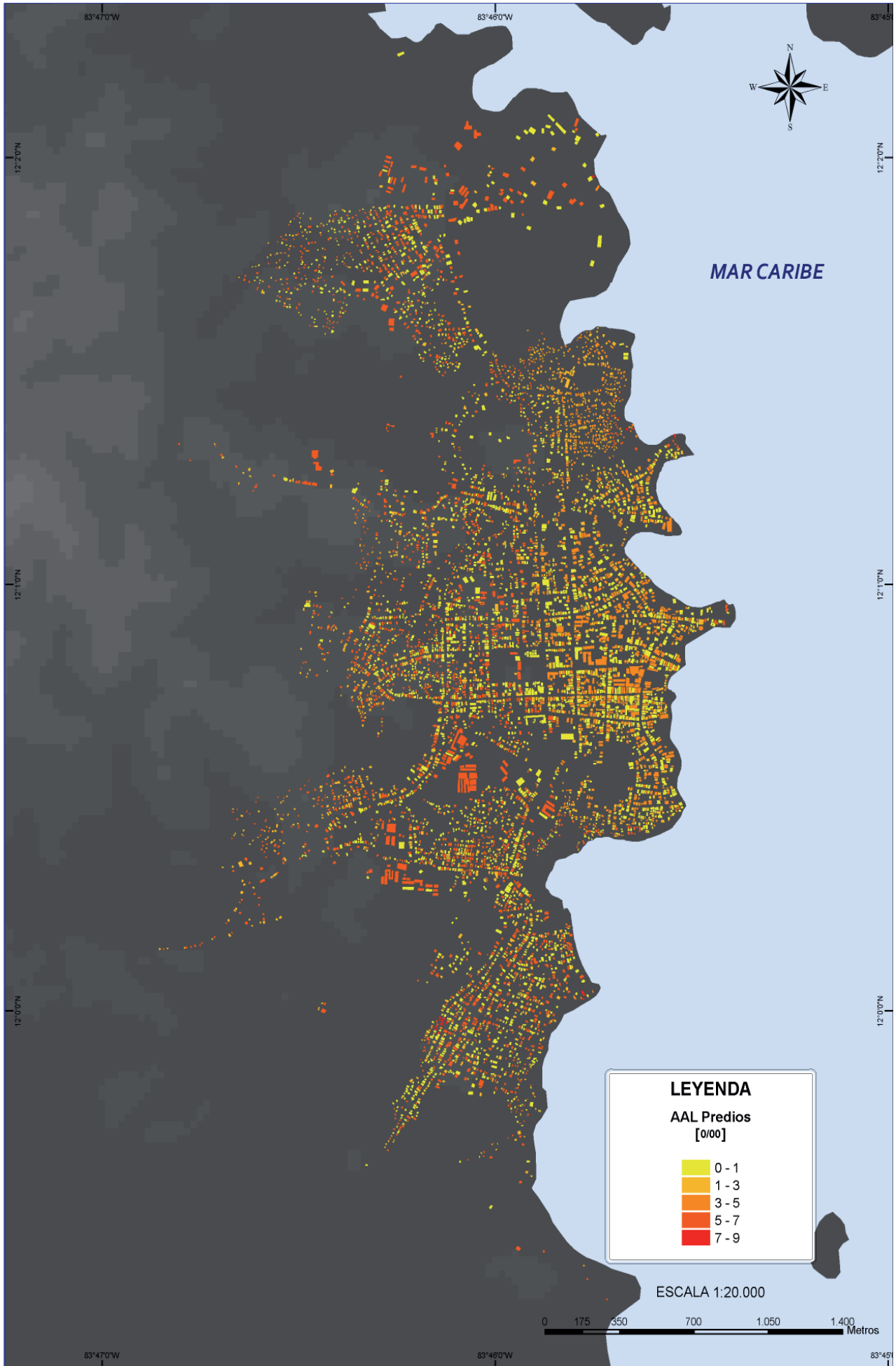
## Mapas de riesgo por distritos

A continuación se presentan los resultados de manera gráfica en mapas que están divididos en los diferentes distritos que conforman a Bluefields. La pérdida esta expresada en millones de dólares al millar.

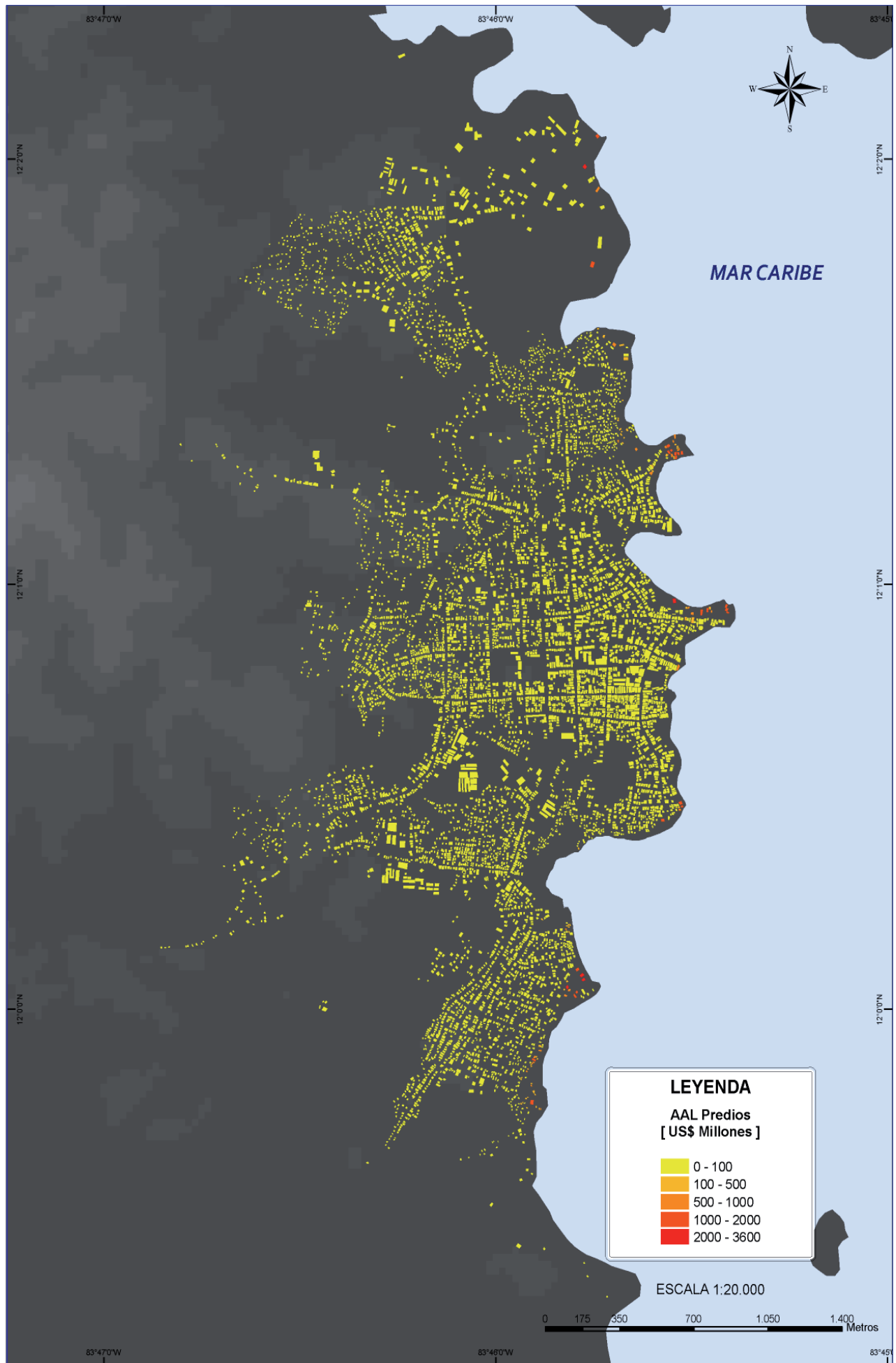
Mapa 77 Pérdida anual esperada por viento huracanado (valor)



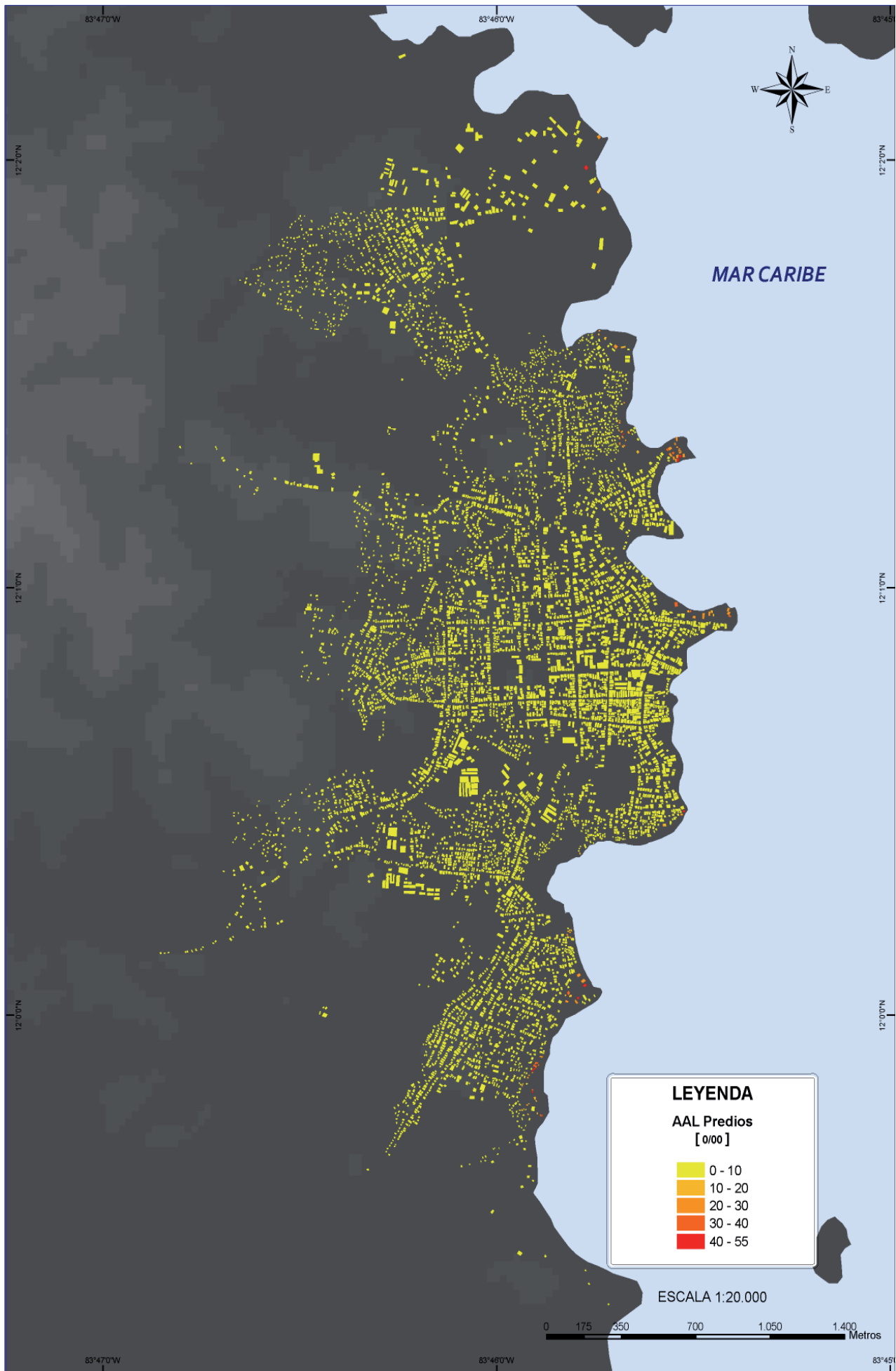
Mapa 78 Pérdida anual esperada por viento huracanado (‰)



Mapa 79 Pérdida anual esperada por marea de tormenta (valor)



Mapa 80 Pérdida anual esperada por marea de tormenta (%o)



# Riesgo por huracán en Corinto

## Metodología para la evaluación del riesgo

La metodología para la evaluación del riesgo por huracán de Corinto incluyó los siguientes aspectos:

- a. Evaluación de la amenaza por viento y por marea de tormenta: Estas se evaluaron mediante un análisis probabilístico y mediante escenarios específicos deterministas. El primero permitió obtener resultados relacionados con pérdidas anuales esperadas para cada uno de los bienes y para el portafolio en general. El segundo permitió obtener la pérdida esperada para cada bien y el portafolio en general dada la eventual ocurrencia del evento seleccionado en el escenario.
- b. Inventario de bienes expuestos: Dado que no fue posible contar con la información catastral detallada de la población, se recurrió al levantamiento del inventario de activos expuestos basado en observaciones de imágenes de satélite e interpretación de las mismas. Información oficial e indicadores publicados permitieron establecer los valores de reposición aproximados y los índices de ocupación.
- c. Funciones de vulnerabilidad: Los diferentes tipos constructivos identificados en la zona se caracterizan mediante una función de vulnerabilidad que da cuenta de la capacidad de la edificación para resistir la acción de los diferentes eventos considerados. Estas funciones de vulnerabilidad representan el comportamiento esperado (probable) de las edificaciones de cada tipo estructural particular, por lo que su uso es adecuado en términos estadísticos cuando existe un inventario amplio de activos expuestos. El análisis utiliza las funciones de vulnerabilidad propuestas en HAZUS MH MR3.
- d. Evaluación del riesgo: La evaluación del riesgo se llevó a cabo mediante el asocio de las amenazas consideradas con el inventario de activos expuestos y las funciones de vulnerabilidad respectivas. Para el efecto se empleó la herramienta de evaluación de riesgo CAPRA-GIS (ERN 2009). Se evaluó, entonces, el porcentaje de daños esperado en cada una de las edificaciones expuestas para cada uno de los escenarios planteados y para el análisis probabilista integral.
- e. La valoración del riesgo se presenta en términos de estimaciones de:
  - Porcentaje de afectación física de las construcciones.
  - Pérdidas económicas directas aproximadas asociadas al daño en las construcciones
  - Pérdidas económicas máximas probables.
  - Pérdidas anuales esperadas.

## Levantamiento de la información básica

En la población de Corinto no se cuenta con un censo poblacional que relacione el número actual de personas, su distribución o actividad económica, así como tampoco se cuenta con un base de datos catastral, ni de información relacionada con sistemas constructivos, áreas de construcción, valores expuestos, fecha de construcción y otros datos que resultan de utilidad en la determinación de la exposición económica, humana y de la vulnerabilidad.

Debido a lo anterior se procedió a estimar la base de datos de exposición, basados en estadísticas de población, fotografías satelitales y conceptos de expertos locales, a manera de ejemplo para mostrar las capacidades del sistema CAPRA. Esta información, al igual que cualquier otro modelo de información aproximada, es susceptible de ser mejorada, actualizada y depurada mediante trabajo intenso de campo o mediante la disponibilidad de la información catastral detallada.

La Figura 38 presenta una imagen de los predios digitalizados utilizando la herramienta web de Zonificación Urbana de CAPRA (disponible en [www.ecapra.org/zonhu.php](http://www.ecapra.org/zonhu.php)). Dicha herramienta permite identificar, sobre imágenes satelitales de Google Maps, zonas de exposición homogénea, es decir, zonas en donde pueden identificarse condiciones de uso, niveles de ocupación, costo y densidades de construcción similares. Cada zona es luego calificada en términos de porcentajes identificados de tipos constructivos, con relación a lo observado durante el levantamiento.

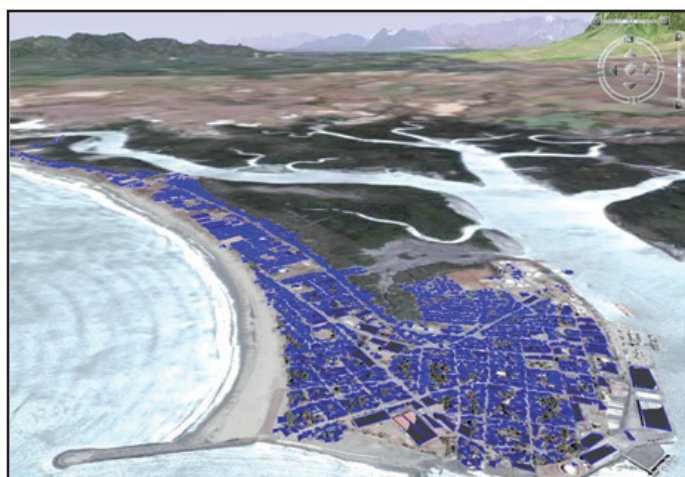


Figura 38 Vista de predios de Corinto

## Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición de Corinto, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asignó mediante la interpretación de imágenes de satélite y fotografías de la zona, y mediante la consulta de indicadores oficiales publicados sobre densidad de ocupación, valoración económica y características de las construcciones.

## Resultados de la evaluación de riesgo

A continuación se presentan los resultados obtenidos de la evaluación probabilista de pérdidas por huracán en Corinto. En el sitio [www.ecapra.org](http://www.ecapra.org) se puede consultar en detalle la metodología de evaluación de pérdidas empleada en este estudio.

Tabla 7 Medidas probabilistas del riesgo

Resultados		
Valor Expuesto	USD\$ x10 <sup>6</sup>	\$ 213.95
Pérdida anual esperada	USD\$ x10 <sup>6</sup>	\$ 0.44
	‰	2.06
PML		
Periodo retorno	Pérdida	
años	USD\$ x10 <sup>6</sup>	%
100	\$ 7.93	3.7
250	\$ 12.13	5.7
500	\$ 15.83	7.4
1000	\$ 19.99	9.3

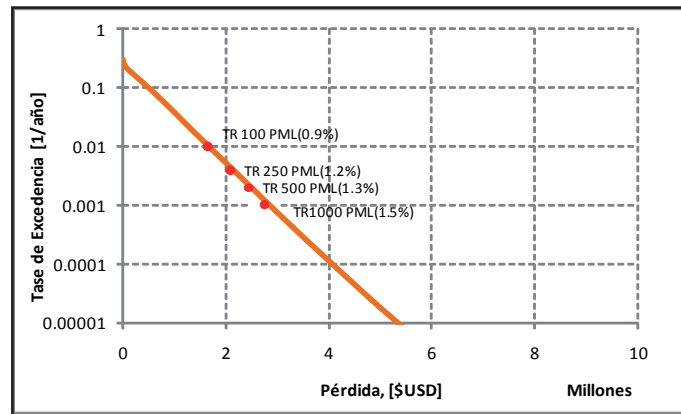


Figura 39 Curva de excedencia de pérdidas

## Conclusiones y recomendaciones

El análisis de riesgo por huracán en la población de Corinto debe considerarse como una evaluación preliminar e ilustrativa de la capacidad del modelo que permite la cuantificación y calificación del riesgo en este asentamiento humano en cualquier instante de tiempo (según la mejor información disponible) y que puede servir de base para que mediante la complementación paulatina de la información se convierta en el corto plazo en una evaluación de riesgo para efectos de toma de decisiones.

A continuación se dejan explícitas las limitaciones de la información utilizada para los análisis, lo cual debe tenerse en cuenta para los futuros estudios y planes por parte de la administración con miras a mejorar la calidad y confiabilidad de estos resultados preliminares presentados.

- Información de amenaza por viento huracanado: Se puede considerar de muy buena calidad y completa para efectos del presente análisis. El costo y tiempo requerido para mejorar este tipo de información es muy alto y requiere sobre todo de la disponibilidad de más y mejor información. Es de la mayor importancia mantener el catálogo de eventos actualizado y con mejor información para efectos de calibración y ajuste de los modelos.
- Información de amenaza por marea de tormenta: es susceptible de mejorar en forma significativa, especialmente lo relacionado con la batimetría detallada de la zona cercana a la costa y la topografía de detalle de la zona costera. También



es muy importante mantener actualizado el catálogo de eventos pasados con la mayor cantidad de información relacionada con efectos, daños e impactos producidos.

- c. Información de exposición: Debe recurrirse a la base catastral de la población. El modelo utilizado en el presente análisis solo sirve con propósitos ilustrativos e indicativos de valores de pérdidas esperadas. Para efectos de resultados con fines de toma de decisiones debe contarse con la base catastral de la ciudad y con índices oficiales de ocupación y costos. Alternativamente debe plantearse programas de levantamiento de información con base en visitas de campo que cubran la mayor cantidad de registros posible.
- d. Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan a mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación. Estos trabajos deben basarse en modelaciones analíticas y experimentales de los tipos constructivos típicos de la ciudad y en observaciones del comportamiento de tipos constructivos característicos ante eventos determinados.
- e. Los resultados de los análisis de riesgo y su interpretación para la toma de decisiones debe realizarse de manera conjunta con las entidades y especialistas a cargo de cada uno de los aplicativos que pueden derivarse de estos resultados.

Los resultados presentados anteriormente dependen directamente de la calidad y tipo de información suministrada al modelo. Entre más detallada y confiable sea la información menor será la incertidumbre asociada a los resultados y por lo tanto el proceso de toma de decisiones podrá realizarse con mayor nivel de confianza.

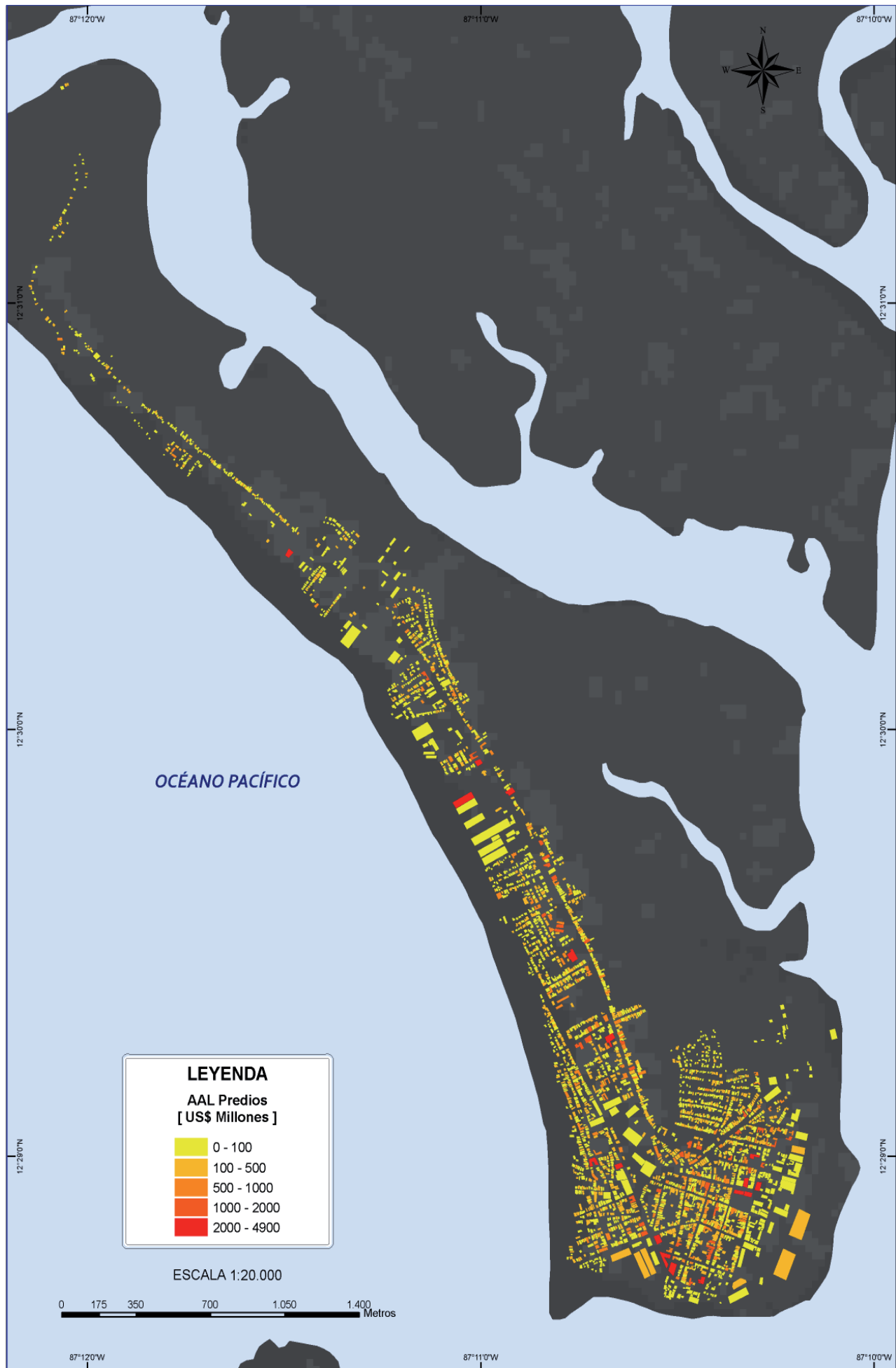
En particular se hace especial énfasis en actualizar la información referente a:

- Inventario de construcciones expuestas incluyendo sus características principales.
- Valoración de activos, sus contenidos y posibles pérdidas consecuenciales.
- Identificación de tipos estructurales dominantes y distribución dentro de la ciudad.
- Categorización de tipos de contenidos, calificación y valoración.
- Calificación de la vulnerabilidad estructural y humana ante las diferentes fuentes de amenaza.
- Inventario, valoración y calificación de toda la infraestructura complementaria expuesta.

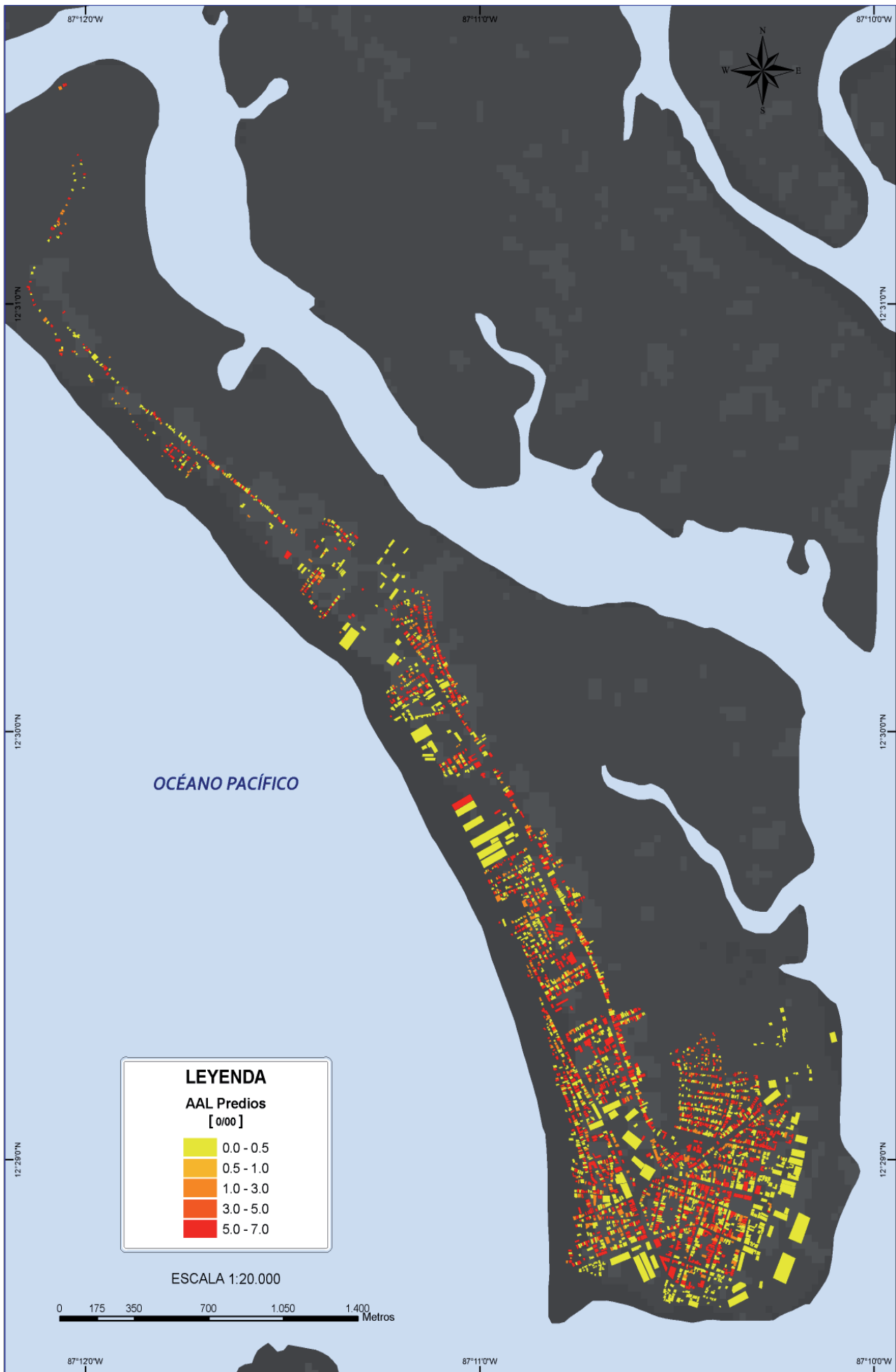
## Mapas de riesgo por distritos

A continuación se presentan los resultados de manera gráfica en mapas que están divididos en los diferentes distritos que conforman a Corinto. La pérdida esta expresada en millones de dólares al millar.

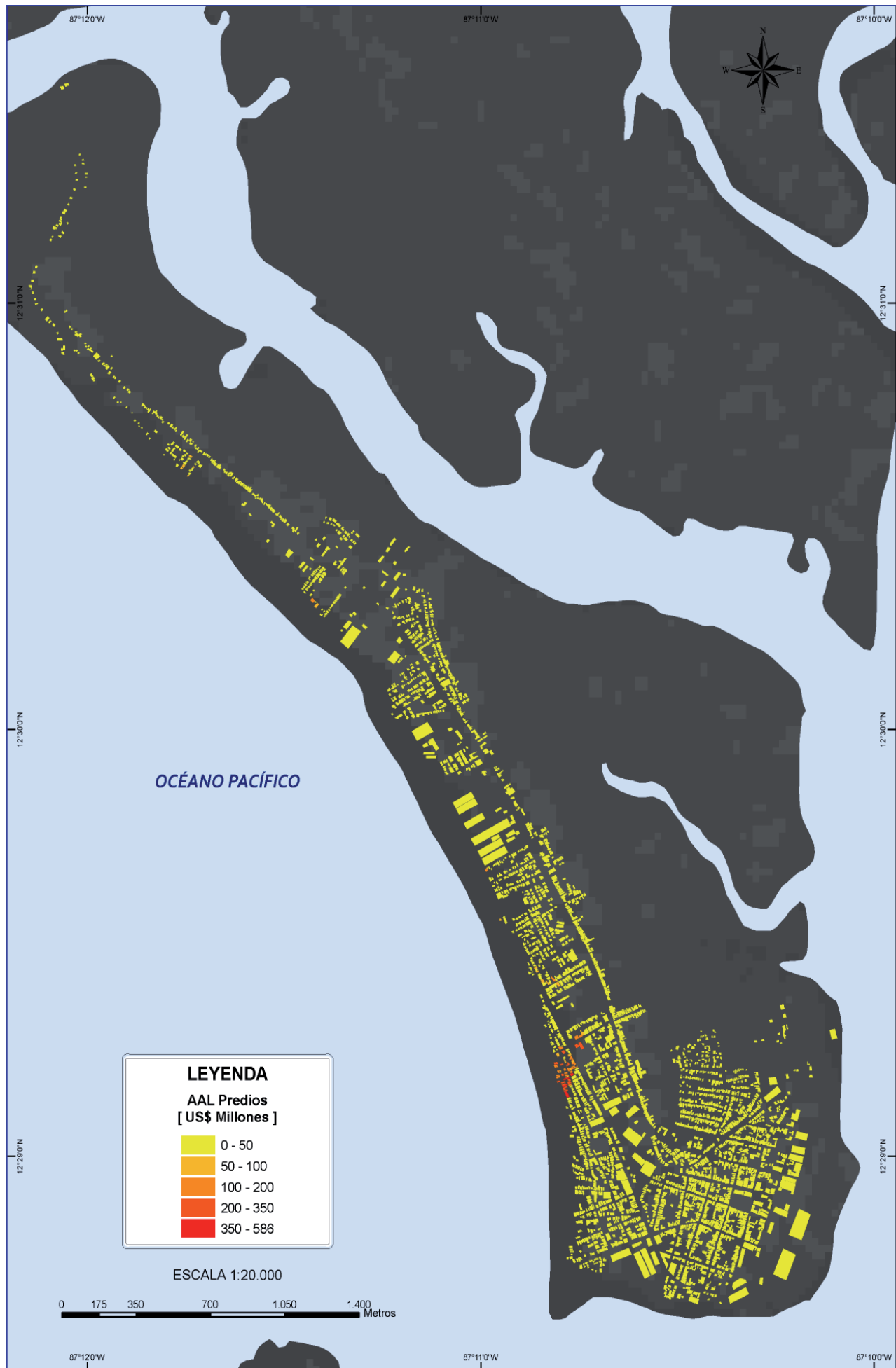
Mapa 81 Pérdida anual esperada por viento huracanado (valor)



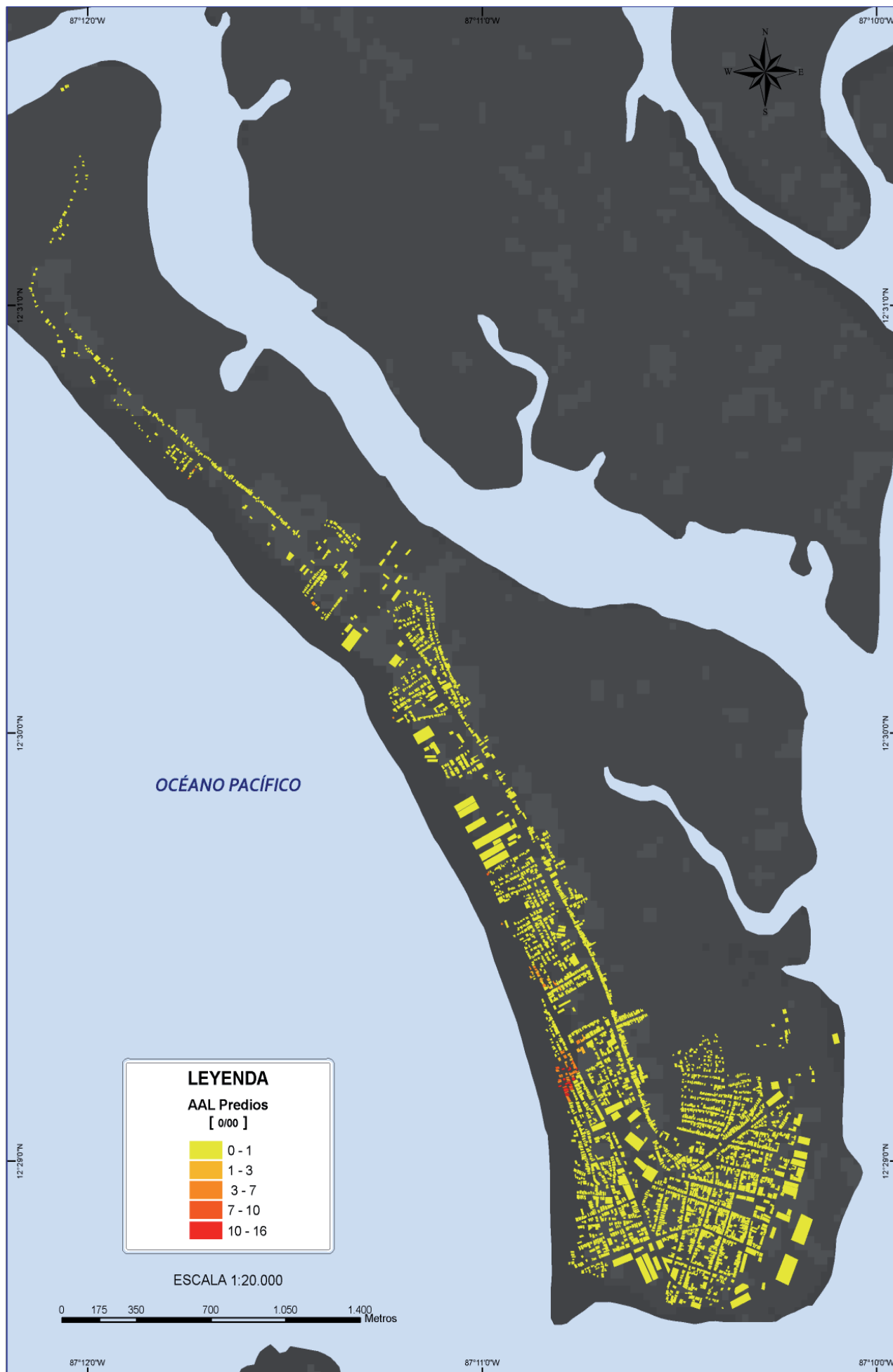
Mapa 82 Pérdida anual esperada por viento huracanado (%o)



Mapa 83 Pérdida anual esperada por marea de tormenta (valor)



Mapa 84 Pérdida anual esperada por marea de tormenta (%)







## Glosario

**ADAPTACIÓN:** Capacidad o habilidad de un grupo social o individuo de ajustarse a cambios en su ambiente externo, natural y construido, con fines de supervivencia y sostenibilidad.

**ALERTA (TEMPRANA):** Situación que se declara a través de instituciones, organizaciones e individuos responsables y previamente identificados, para la provisión de información adecuada, precisa y efectiva con anterioridad a la manifestación de un fenómeno peligroso, con el fin de que los organismos operativos de emergencia activen procedimientos de acción preestablecidos y la población tome precauciones específicas. Además de informar a la población acerca del peligro, los estados de alerta se declaran con el propósito de que la población y las instituciones adopten una acción específica ante la situación que se presenta.

**AMENAZA:** Peligro latente que representa la posible manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural (ver definición abajo) o antropogénico, que se anticipa puede producir efectos adversos en las personas, la producción, la infraestructura, los bienes y servicios y/o el ambiente expuestos. Es un factor de riesgo externo que se expresa como la probabilidad de que un evento se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y dentro de un periodo de tiempo definido.

**AMENAZA NATURAL:** Un peligro latente asociado con la posible manifestación de un fenómeno físico cuyo génesis se encuentra totalmente en los procesos naturales de transformación y modificación del ambiente. Suele clasificarse de acuerdo con el origen del fenómeno que la caracteriza en: amenazas geodinámicas (endógenas o tectónicas, como sismos, erupciones volcánicas; o exógenas, como la remoción en masa y las subsidencias); hidrológicas (como inundaciones lentas o rápidas, sedimentación, erosión, desertificación); atmosféricas (como tormentas y otros fenómenos meteorológicos, u oceánico-atmosféricas como huracanes o El Niño); y biológicas (como vectores de enfermedad y plagas).

**AMENAZA SOCIO NATURAL:** Un peligro latente asociado con la posible manifestación de fenómenos físicos cuya existencia, intensidad o recurrencia se relaciona con procesos de degradación ambiental o de intervención humana en los ecosistemas naturales. Entre los múltiples ejemplos de este tipo de fenómeno se incluyen casos de inundación y deslizamiento que resultan de procesos de deforestación y deterioro de cuencas; erosión costera por la destrucción de manglares; y la falta de adecuados sistemas de drenaje de aguas pluviales en zonas urbanas. Las amenazas socio-naturales se crean en la intersección de la naturaleza con la acción humana y representan un proceso de conversión de recursos en amenazas. Los cambios en el ambiente y las nuevas amenazas que se generarán con el Cambio Climático Global son el ejemplo más notable de la noción de amenaza socio-natural. Algunos de estos fenómenos en ocasiones son resultado de procesos exclusivamente naturales, caso en el cual constituyen sólo una amenaza natural.

**AMENAZA ANTROPOGÉNICA O ANTRÓPICA:** Un peligro latente generado por la actividad humana en la producción, distribución, transporte y consumo de bienes y servicios y la construcción y uso de edificios e infraestructura. Comprenden una gama amplia de Terminología tomada de trabajos realizados por Omar Darío Cardona A. Consorcio ERN-AL

peligros como lo son las distintas formas de contaminación de aguas, aire y suelos, los incendios, las explosiones, los derrames de sustancias tóxicas, los accidentes en los sistemas de transporte, la ruptura de presas de retención de agua, etc.

**AMENAZAS CONCATENADAS O COMPLEJAS:** Hace referencia a la probable ocurrencia en serie o secuencia de dos o más fenómenos físicos peligrosos donde uno desencadena el siguiente y así sucesivamente. Un ejemplo se encuentra en la forma en que un sismo puede causar la ruptura de presas y diques, generando inundaciones que rompen líneas de transmisión de productos volátiles o contaminantes con repercusiones directas en los seres humanos u otras especies de fauna o flora.

**ANÁLISIS DE RIESGO:** Desde la perspectiva de los desastres, en su forma más simple es el postulado de que el riesgo es el resultado de relacionar la amenaza y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, con el fin de determinar los posibles efectos y consecuencias sociales, económicas y ambientales asociadas a uno o varios fenómenos peligrosos en un territorio y con referencia a grupos o unidades sociales y económicas particulares. Cambios en uno o más de estos parámetros modifican el riesgo en sí mismo, es decir, el total de pérdidas esperadas y las consecuencias en un área determinada. Análisis de amenazas y de vulnerabilidades componen facetas del análisis de riesgo y deben estar articulados con este propósito y no comprender actividades separadas e independientes. Un análisis de vulnerabilidad es imposible sin un análisis de amenazas y viceversa.

**ANTRÓPICO O ANTROPOGÉNICO:** De origen humano o de las actividades del hombre, incluidas las tecnológicas.

**BIENES Y SERVICIOS:** Son aquellas cosas tangibles e intangibles, de valor económico que reportan beneficio a quienes las poseen o usufructúan y que permiten la vida individual y en comunidad. Serán bienes cuando son susceptibles de apropiación, sea privada o pública, y servicios cuando su utilidad radica exclusivamente en su consumo.

**CAPACIDAD:** Una combinación de todos los atributos y recursos de la comunidad u organización que pueden dirigirse positivamente hacia la gestión del riesgo.

**CRISIS:** Condición de inestabilidad que involucra cambios abruptos o decisivos. Es el proceso de liberación de los elementos sumergidos y reprimidos de un sistema como resultado de una perturbación exógena o endógena, que conduce a la parálisis de los elementos protectores y moderadores, a la extensión de los desórdenes, la aparición de incertidumbres de todo tipo y de reacciones en cadena y eventualmente a la mutación o desaparición del sistema en crisis. Las crisis pueden ser el resultado de un desastre o constituir ellas mismas el desastre. Ofrecen oportunidades de cambios positivos y no solamente negativos.

**DEGRADACIÓN (DETERIORO) AMBIENTAL:** Procesos que dañan la base de recursos naturales o que afectan de manera adversa procesos naturales y ecosistemas, reduciendo su calidad y productividad. Los efectos potenciales son variados e incluyen la transformación de recursos en amenazas de tipo socio-natural.

**DESARROLLO SOSTENIBLE:** Proceso de transformaciones naturales, económico-sociales, culturales e institucionales, que tienen por objeto un aumento acumulativo y durable en la cantidad y calidad de bienes, servicios y recursos, unidos a cambios sociales tendientes a mejorar de forma equitativa la seguridad y la calidad de la vida humana y asegurar el mejoramiento de sus condiciones de vida, sin deteriorar el ambiente natural ni comprometer las bases de un desarrollo similar para las futuras generaciones.

**DESASTRE:** Situación o proceso social que se desencadena como resultado de la manifestación de un fenómeno de origen natural, socio-natural o antrópico que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en una población, en su producción e infraestructura, causa alteraciones intensas, graves y extendidas en las condiciones normales de funcionamiento del país, región, zona, o comunidad afectada, las cuales no pueden ser enfrentadas o resueltas de manera autónoma utilizando los recursos disponibles a la unidad social directamente afectada. Estas alteraciones están representadas de forma diversa y diferenciada por, entre otras cosas, la pérdida de vida y salud de la población; la destrucción, pérdida o inutilización total o parcial de bienes de la colectividad y de los individuos, así como daños severos en el ambiente, requiriendo de una respuesta inmediata de las autoridades y de la población para atender a los afectados y reestablecer umbrales aceptables de bienestar y oportunidades de vida.

**ECOSISTEMA:** Unidad espacial definida por un complejo de componentes y procesos físicos y bióticos que interactúan en forma interdependiente y que han creado flujos de energía característicos y ciclos o movilización de materiales.



**ESCENARIOS DE RIESGO:** Un análisis, presentado en forma escrita, cartográfica o diagramada, utilizando técnicas cuantitativas y cualitativas, y basado en métodos participativos, de las condiciones, causas y las dimensiones del riesgo que afecta a territorios y grupos sociales determinados. Significa una consideración pormenorizada de las amenazas y vulnerabilidades, de los procesos sociales causales del riesgo y de los actores sociales que contribuyen a las condiciones de riesgo existentes. Como metodología ofrece una base para la toma de decisiones sobre la intervención del riesgo; lo que supera la simple estimación de diferentes escenarios de consecuencias o efectos potenciales en un área geográfica.

**EFFECTOS DIRECTOS:** Aquellos que mantienen relación de causalidad directa e inmediata con la ocurrencia de un fenómeno físico, representados usualmente por el daño en las personas, infraestructuras, sistemas productivos, bienes y acervos, servicios y ambiente, y por el impacto inmediato en las actividades sociales y económicas.

**EFFECTOS INDIRECTOS:** Aquellos que mantienen relación de causalidad con los efectos directos, representados usualmente por impactos concatenados o posteriores sobre la población, sus actividades económicas y sociales o sobre el ambiente. Por ejemplo, pérdidas de oportunidades productivas e ingresos futuros, aumentos en los niveles de pobreza, aumentos en costos de transporte debido a la pérdida de puentes y caminos, etc.

**ELEMENTOS EN RIESGO (EXPUESTOS):** Es el contexto social y material representado por las personas y por los recursos, producción, infraestructura, bienes, servicios y ecosistemas que pueden ser afectados directamente por un fenómeno físico.

**EMERGENCIA:** Estado caracterizado por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, zona o región, causada por un fenómeno o por la inminencia del mismo, que requiere de una reacción inmediata y exige la atención de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general. Representa la fase inmediata después del impacto de un fenómeno físico peligroso cuando las condiciones mínimas necesarias para la supervivencia y funcionamiento de la unidad social afectada no se satisfacen. Constituye una fase o componente de una condición de desastre pero no es, per se, una noción sustitutiva de desastre. Puede haber condiciones de emergencia sin un desastre.

**EVALUACIÓN DE LA AMENAZA:** Es el proceso mediante el cual se determina la posibilidad de que un fenómeno físico se manifieste, con un determinado grado de severidad, durante un período de tiempo definido y en un área determinada. Representa la recurrencia estimada y la ubicación geográfica de eventos probables.

**EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD:** Proceso mediante el cual se determina el grado de susceptibilidad y predisposición al daño o pérdida de un elemento o grupo de elementos expuestos ante una amenaza particular y los factores y contextos que pueden impedir o dificultar de manera importante la recuperación, rehabilitación y reconstrucción con los recursos disponibles en la unidad social afectada.

**FENÓMENO (EVENTO) PELIGROSO:** Suceso natural, socio-natural o antrópico que se describe en términos de sus características, su severidad, ubicación y área de influencia. Es la materialización en el tiempo y el espacio de una amenaza. Es importante diferenciar entre un fenómeno potencial o latente que constituye una amenaza, y el fenómeno mismo, una vez que éste se presenta.

**INTENSIDAD:** Medida cuantitativa y cualitativa de la severidad de un fenómeno en un sitio específico.

**INTERVENCIÓN CORRECTIVA:** Proceso que pretende reducir los niveles de riesgo existentes en la sociedad o en un sub-componente de la sociedad, producto de procesos históricos de ocupación del territorio, de fomento a la producción y la construcción de infraestructuras y edificaciones, entre otras cosas. Reacciona a, y compensa el riesgo ya construido en la sociedad. Ejemplos de acciones o instrumentos de la gestión correctiva incluyen la construcción de diques para proteger poblaciones ubicadas en las zonas de inundación, el refuerzo de edificios para dotarlos de niveles adecuados de protección sísmica resistente o contra huracanes, cambios en el patrón de cultivos para adecuarse a condiciones ambientales adversas, reforestación de cuencas para disminuir procesos de erosión, deslizamiento e inundación

**INTERVENCIÓN PROSPECTIVA:** Significa la anticipación o previsión de riesgos futuros que pueden asociarse con nuevos procesos de desarrollo e inversión, tomando las medidas para garantizar que nuevos factores de riesgo no surjan con las iniciativas o proyectos

de construcción, producción, circulación, comercialización, etc. La intervención prospectiva debe verse como un componente integral de la planificación del desarrollo y del ciclo de planificación de nuevos proyectos, sean estos desarrollados por gobierno, sector privado o sociedad civil. El objetivo último de este tipo de intervención es evitar nuevos riesgos, garantizar adecuados niveles de sostenibilidad de las inversiones, y así evitar tener que aplicar medidas costosas de intervención correctiva en el futuro.

**GESTIÓN DE RIESGOS:** Proceso social complejo que conduce al planeamiento y aplicación de políticas, estrategias, instrumentos y medidas de intervención orientadas a impedir, reducir, prever y controlar los efectos adversos de fenómenos peligrosos sobre la población, la infraestructura, los sistemas productivos, los bienes y servicios y el ambiente. Acciones integradas de reducción, previsión y control de riesgos y los factores particulares de riesgo a través de actividades de prevención, mitigación, preparación para, y atención de emergencias y desastres y la rehabilitación, reconstrucción y recuperación post-impacto

**LÍNEAS (REDES) VITALES:** Infraestructura básica o esencial. Energía: presas, subestaciones, líneas de fluido eléctrico, plantas de almacenamiento de combustibles, oleoductos, gasoductos. Transporte: redes viales, puentes, terminales de transporte, aeropuertos, puertos fluviales y marítimos. Agua: plantas de tratamiento, acueductos, alcantarillados, canales de irrigación y conducción. Comunicaciones: redes y plantas telefónicas, estaciones de radio y televisión, oficinas de correo e información pública.

**MITIGACIÓN DE RIESGOS:** Planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo existente. La mitigación asume que en muchas circunstancias no es posible, ni factible controlar el riesgo totalmente; es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar totalmente los daños y sus consecuencias sino más bien reducirlos a niveles aceptables y factibles. La mitigación de riesgos puede operar en el contexto de la reducción o eliminación de riesgos existentes, o aceptar estos riesgos y, a través de los preparativos, los sistemas de alerta (temprana), etc. buscar disminuir las pérdidas y daños que ocurrirían con la incidencia de un evento peligroso.

**PÉRDIDA:** Valor adverso de orden económico, social o ambiental alcanzado por una variable durante un tiempo de exposición específico.

**PLAN DE CONTINGENCIA:** Procedimientos operativos específicos y preestablecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la manifestación o la inminencia de un fenómeno peligroso particular para el cual se tienen escenarios definidos.

**PLAN DE EMERGENCIAS:** Definición de funciones, responsabilidades y procedimientos generales de reacción y alerta institucional, inventario de recursos, coordinación de actividades operativas y capacitación a través de ejercicios de simulación y revisión de procedimientos, con el fin de salvaguardar la vida, proteger los bienes y recobrar la normalidad tan pronto como sea posible después de que se presente un fenómeno peligroso.

**PLAN DE GESTIÓN DE RIESGOS:** Conjunto coherente y ordenado de estrategias, programas y proyectos, que se formula para orientar las actividades de reducción, previsión y control de riesgos, la preparación para la atención de la emergencia y la recuperación en caso de desastre. Al garantizar condiciones apropiadas de seguridad frente a los diversos riesgos existentes y disminuir las pérdidas materiales y consecuencias sociales que se derivan de los desastres, se mejora la calidad de vida de la población y se aumenta la sostenibilidad.

**PREPARACIÓN (PREPARATIVOS):** Medidas cuyo objetivo es organizar y facilitar los operativos para el efectivo y oportuno aviso, salvamento y rehabilitación de la población y la economía en caso de desastre. La preparación se lleva a cabo mediante la organización y planificación de las acciones de alerta, evacuación, búsqueda, rescate, socorro y asistencia que deben realizarse en caso de emergencia.

**PREVENCIÓN DE RIESGOS:** Medidas y acciones dispuestas con anticipación que buscan prevenir nuevos riesgos o impedir que aparezcan. Significa trabajar en torno a amenazas y vulnerabilidades factibles. Visto de esta manera, la prevención de riesgos se refiere a la intervención prospectiva del Riesgo, mientras que la mitigación de riesgos se refiere a la intervención correctiva. Dado que la prevención absoluta rara vez es posible, la prevención tiene una connotación semi-utópica y debe ser vista a la luz de consideraciones sobre el riesgo aceptable, el cual es socialmente determinado (ver abajo).

**PRONÓSTICO:** Cuando se aplica a los fenómenos físicos se refiere a la determinación de la probabilidad de que un fenómeno físico se manifieste con base en: el estudio de su mecanismo físico generador, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos en el tiempo. Un pronóstico puede ser a corto plazo, generalmente basado en la búsqueda e interpretación de señales o eventos precursores del fenómeno peligroso; a mediano plazo, basado en la información estadística de parámetros indicadores de la potencialidad del fenómeno, y a largo plazo, basado en la determinación del evento máximo probable o creíble dentro de un período de tiempo que pueda relacionarse con la planificación del área afectable.

**RECUPERACIÓN:** Proceso de reestablecimiento de condiciones adecuadas y sostenibles de vida mediante la rehabilitación, reparación, reconstrucción o reemplazo de la infraestructura, bienes y servicios destruidos, interrumpidos o deteriorados en el área afectada, y la reactivación o impulso del desarrollo económico y social de la comunidad.

**REDUCCIÓN DE RIESGOS:** Medidas de intervención correctivas y/o prospectivas dirigidas a cambiar o disminuir las condiciones de riesgo existente o de nuevos riesgos que se puedan generar. Son medidas de prevención-mitigación y preparación, que se adoptan en forma anticipada a la manifestación de un fenómeno físico con el fin de: a) evitar que se presente un fenómeno peligroso, reducir su peligrosidad o evitar la exposición de los elementos ante el mismo; b) disminuir sus efectos sobre la población, la infraestructura, los bienes y servicios y el ambiente, reduciendo la vulnerabilidad que exhiben.

**RESILIENCIA:** Capacidad de un ecosistema, sociedad o comunidad de absorber un impacto negativo o de recuperarse una vez haya sido afectada por un fenómeno peligroso.

**RESPUESTA:** Etapa de la atención que corresponde a la ejecución de las acciones previstas en la etapa de preparación y que, en algunos casos, ya han sido antecedidas por actividades de alistamiento y movilización, motivadas por la declaración de diferentes estados de alerta. Corresponde a la reacción inmediata para la atención oportuna de la población.

**RIESGO (COLECTIVO):** Posibilidad o peligro de sufrir daños o pérdidas. Es la probabilidad de que se presente un determinado nivel de efectos adversos de carácter económico, social o ambiental en un sitio particular y durante un período de tiempo definido, cuya magnitud y severidad son tales que afectarían la comunidad en general. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

**RIESGO ACEPTABLE:** Posibles consecuencias sociales, económicas y ambientales que, implícita o explícitamente, una sociedad o un segmento de la misma asume o tolera por considerar innecesario, inoportuno o imposible una intervención para su reducción dado el contexto económico, social, político, cultural y técnico existente. Es el nivel de probabilidad de una consecuencia dentro de un período de tiempo, que se considera admisible para determinar las mínimas exigencias o requisitos de seguridad, con fines de protección y planificación, ante posibles fenómenos peligrosos.

**SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN:** Cuando se aplica a la gestión de riesgos se refiere a la base de conocimiento sobre las amenazas, vulnerabilidades y riesgos, de vigilancia y alerta, de capacidad de respuesta y de procesos de gestión, al servicio de las instituciones y de la población; fundamental para la toma de decisiones y la priorización de las actividades y proyectos de gestión de riesgos.

**SISTEMA DE GESTIÓN DE RIESGOS:** Organización abierta, dinámica y funcional de instituciones y su conjunto de orientaciones, normas, recursos, programas y actividades de carácter técnico científico, de planificación, de preparación para emergencias y de participación de la comunidad, cuyo objetivo es la incorporación de las prácticas y procesos de la gestión de riesgos en la cultura y en el desarrollo económico y social de las comunidades.

**VULNERABILIDAD:** En el contexto de la gestión del riesgo, es el factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca o susceptibilidad física, económica, social y política que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que se manifieste un fenómeno peligroso de origen natural, socio natural o antropogénico. Representa, además una falta de resiliencia para recuperarse posteriormente. Las diferencias de vulnerabilidad del contexto social y material expuesto ante un fenómeno peligroso determinan el carácter selectivo de la severidad de sus efectos.





## Referencias

- COMPONENTES PRINCIPALES DEL ANÁLISIS DE RIESGOS, INFORME ERN-CAPRA-T1-1
- DESCRIPCIÓN GENERAL DE AMENAZAS NATURALES, INFORME ERN-CAPRA-T1-2
- MODELOS DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS NATURALES Y SELECCIÓN, INFORME ERN-CAPRA-T1-3
- METODOLOGÍA DE DEFINICIÓN DEL INVENTARIO DE ACTIVOS EXPUESTOS, INFORME ERN-CAPRA-T1-4
- VULNERABILIDAD DE EDIFICACIONES E INFRAESTRUCTURA, INFORME ERN-CAPRA-T1-5
- METODOLOGÍA DE ANÁLISIS PROBABILISTA DE RIESGOS, INFORME ERN-CAPRA-T1-6
- MÓDULOS DE SOFTWARE, INFORME ERN-CAPRA-T1-7
- REVISIÓN DE EVENTOS HISTÓRICOS IMPORTANTES, INFORME ERN-CAPRA-T2-1
- RECURSOS DE INFORMACIÓN DISPONIBLES, INFORME ERN-CAPRA-T2-2
- MODELACIÓN PROBABILISTA DE AMENAZAS NATURALES, INFORME ERN-CAPRA-T2-3
- INVENTARIO DE ELEMENTOS EXPUESTOS, INFORME ERN-CAPRA-T2-4
- PERFIL DE RIESGO CATASTRÓFICO, INFORME ERN-CAPRA-T2-5
- RIESGO SÍSMICO DE MANAGUA, INFORME ERN-CAPRA-T2-6
- RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES PRIMORDIALES DE MANAGUA, INFORME ERN-CAPRA-T2-7
- RIESGO POR TSUNAMI DE SAN JUAN DEL SUR, INFORME ERN-CAPRA-T2-8
- AMENAZA POR TSUNAMI EN MIRAMAR, INFORME ERN-CAPRA-T2-9
- RIESGO POR HURACÁN DE BLUEFIELDS, INFORME ERN-CAPRA-T2-10

- RIESGO POR HURACÁN DE CORINTO, INFORME ERN-CAPRA-T2-11
- AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS EN EL MUNICIPIO DE SAN DIONISIO, INFORME ERN-CAPRA-T2-12
- AMENAZA POR DESLIZAMIENTOS EN LA CUENCA DEL RÍO MATAGALPA, INFORME ERN-CAPRA-T2-13
- AMENAZA POR INUNDACIÓN EN EL MUNICIPIO DE SAN DIONISIO, INFORME ERN-CAPRA-T2-14
- RIESGO VOLCÁNICO EN CHINANDEGA POR EFECTO DEL VOLCÁN SAN CRISTOBAL, INFORME ERN-CAPRA-T2-15
- ESQUEMA DE RETENCIÓN Y TRANSFERENCIA DEL RIESGO SÍSMICO A NIVEL NACIONAL, INFORME ERN-CAPRA-T2-16
- ESQUEMA DE ASEGURAMIENTO ANTE TERREMOTO PARA MANAGUA, INFORME ERN-CAPRA-T2-17
- ANÁLISIS BENEFICIO COSTO DE LA MITIGACIÓN DEL RIESGO SÍSMICO EN EDIFICACIONES PRIMORDIALES DE MANAGUA, INFORME ERN-CAPRA-T2-18
- ESTIMACIÓN HOLÍTICA DEL RIESGO SÍSMICO A NIVEL NACIONAL INFORME ERN-CAPRA-T2-19
- ESTIMACIÓN HOLÍTICA DEL RIESGO SÍSMICO EN MANAGUA, INFORME ERN-CAPRA-T2-20
- PLANEACIÓN DEL ORDENAMIENTO TERRITORIAL EN SAN JUAN DEL SUR PARA REDUCIR EL RIESGO POR TSUNAMI, INFORME ERN-CAPRA-T2-21
- ESCENARIOS DE RIESGO SÍSMICO PARA EMERGENCIAS EN MANAGUA, INFORME ERN-CAPRA-T2-22

Estos informes están disponibles en el sitio Web: [www.ecapra.org](http://www.ecapra.org)

