



PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS



Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial  
Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo  
MEPyD

**BID**



DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL (DGODT)

# Amenazas y Riesgos Naturales

## REPÚBLICA DOMINICANA

### COMPENDIO DE MAPAS



Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo  
MEPyD

PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS (1708/ OC-DR)  
DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL (DGODT)

PROGRAMA DE  
PREVENCIÓN  
DE DESASTRES  
Y GESTIÓN  
DE RIESGOS



# Amenazas y Riesgos Naturales REPÚBLICA DOMINICANA COMPENDIO DE MAPAS



PROGRAMA DE PREVENCIÓN DE DESASTRES Y GESTIÓN DE RIESGOS (1708/ OC-DR)

DIRECCIÓN GENERAL DE ORDENAMIENTO Y DESARROLLO TERRITORIAL (DGODT)

PROGRAMA DE  
PREVENCIÓN  
DE DESASTRES  
Y GESTIÓN  
DE RIESGOS



Ing. Juan Temístocles Montás  
Ministro Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD)

Arq. Franklin de Jesús Labour Feliz  
Director General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (DGODT)

Lic. Adalgisa Adams  
Coordinadora Ejecutiva  
Programa de Prevención de Desastres y Gestión de Riesgos (17-08 / OCDR)

Consultor  
Ing. Gregorio Rosario Michel, MSc.

Equipo Técnico

América Rosario - Claudio Osorio - Fausto Estévez - Luz Patria Bonilla - Leandro Santos - Thelvia Williams

Coordinación Editorial  
Alejandra Lora

Diseño y Diagramación  
Alexander Polanco

ISBN: xxx-xxxx-xxx-x-x

Copyright ©2012  
Santo Domingo, República Dominicana

“Las opiniones presentadas en este documento son de la responsabilidad exclusiva del consultor y no reflejan necesariamente la opinión de la Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (DGODT) o del Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD) en general, ni del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) u otra institución relacionada al Programa”

Este documento no está autorizado para su venta o para otros usos comerciales.

# Tabla de contenidos

Capítulo 1: Midiendo lo inmedible: El riesgo	10
Introducción	10
¿Qué es CAPRA?	12
Análisis probabilista del riesgo	13
Gestión del riesgo	18
Capítulo 2: Características geográficas de la República Dominicana	21
Información general	21
Relieve	24
Geología	24
Capítulo 3: Las amenazas por fenómenos geodinámicos	27
Amenaza sísmica	27
Amenaza tsunamigénica	47
Capítulo 4: Las amenazas por fenómenos hidrometeorológicos	54
Amenaza por huracán	54
Lluvias intensas	75
Amenaza de inundación	76
Capítulo 5: Un territorio expuesto y vulnerable Población	82
Modelando los elementos expuestos	85
Capítulo 6: Evaluando el riesgo	98
Riesgo sísmico en el Distrito Nacional	98
Riesgo por huracán en el Distrito Nacional	101
Conclusiones y recomendaciones para el Distrito Nacional	103
Riesgo sísmico en Santiago de Los Caballeros	110
Riesgo por huracán en Santiago de Los Caballeros	112
Conclusiones y recomendaciones para Santiago de Los Caballeros	114
Evaluación holística del riesgo	121
Glosario	131
Referencias	133

## Figuras

Figura 1: Esquema del análisis probabilista del riesgo	13
Figura 2: Localización de República Dominicana	21
Figura 3: Placas tectónicas y sus movimientos	27
Figura 4: Tipos de falla	28
Figura 5: Tipos de onda	29
Figura 6: Acelerogramas del sismo de Limón, 1991	30
Figura 7: Intensidad para sismo	33
Figura 8: Intensidad para sismo	34
Figura 9: Formación de tsunamis	47
Figura 10: Vista aérea antes y después del tsunami de Japón en 2011	48
Figura 11: Esquema de formación de huracanes	55
Figura 12: Curvas PADF cuenca Yaque para diferentes períodos de retorno	76
Figura 13: Valores expuestos y pérdidas económicas por sistema estructural	100
Figura 14: Curva de excedencia de pérdidas	100
Figura 15: Curva de probabilidad de excedencia de pérdidas	102
Figura 16: Valores expuestos y pérdidas económicas por sistema estructural	111
Figura 17: Curva de excedencia de pérdidas	111
Figura 18: Curva de probabilidad de excedencia de pérdidas	113

## Tablas

Tabla 1: Parámetros de movimiento fuerte y característitca que mide	30
Tabla 2: Categorías de ciclones tropicales	55
Tabla 3: Valores expuestos y resultados de pérdidas probables por sistema estructural	100
Tabla 4: Medidas probabilistas del riesgo	102
Tabla 5: Valores expuestos y resultados de pérdidas probables por sistema estructural	111
Tabla 6: Medidas probabilistas del riesgo	113

# Mapas

Mapa 1: División por provincias de la República Dominicana	22
Mapa 2: División por municipios de la República Dominicana	23
Mapa 3: Mapa de relieve de la República Dominicana	25
Mapa 4: Mapa de uso del suelo en la República Dominicana	26
Mapa 5: Sismicidad histórica de la República Dominicana	32
Mapa 6: Amenaza sísmica. Período de vibración 0 seg, período de retorno 200 años	35
Mapa 7: Amenaza sísmica. Período de vibración 0 seg, período de retorno 475 años	36
Mapa 8: Amenaza sísmica. Período de vibración 0 seg, período de retorno 1,000 años	37
Mapa 9: Amenaza sísmica. Período de vibración 0 seg, período de retorno 2,500 años	38
Mapa 10: Amenaza sísmica. Período de vibración 0,5 seg, período de retorno 200 años	39
Mapa 11: Amenaza sísmica. Período de vibración 0,5 seg, período de retorno 475 años	40
Mapa 12: Amenaza sísmica. Período de vibración 0,5 seg, período de retorno 1,000 años	41
Mapa 13: Amenaza sísmica. Período de vibración 0,5 seg, período de retorno 2,500 años	42
Mapa 14: Amenaza sísmica. Período de vibración 1,0 seg, período de retorno 200 años	43
Mapa 15: Amenaza sísmica. Período de vibración 1,0 seg, período de retorno 475 años	44
Mapa 16: Amenaza sísmica. Período de vibración 1,0 seg, período de retorno 1,000 años	45
Mapa 17: Amenaza sísmica. Período de vibración 1,0 seg, período de retorno 2,500 años	46
Mapa 18: Amenaza tsunamigénica, período de retorno 50 años	50
Mapa 19: Amenaza tsunamigénica, período de retorno 100 años	51
Mapa 20: Amenaza tsunamigénica, período de retorno 475 años	52
Mapa 21: Amenaza tsunamigénica, período de retorno 1,000 años	53
Mapa 22: Velocidad del viento, período de retorno 50 años	59
Mapa 23: Velocidad del viento, período de retorno 100 años	60
Mapa 24: Velocidad del viento, período de retorno 500 años	61
Mapa 25: Velocidad del viento, período de retorno 1,000 años	62
Mapa 26: Lluvia por huracán, período de retorno 50 años	63
Mapa 27: Lluvia por huracán, período de retorno 100 años	64
Mapa 28: Lluvia por huracán, período de retorno 500 años	65
Mapa 29: Lluvia por huracán, período de retorno 1,000 años	66
Mapa 30: Marea de tormenta, período de retorno 50 años	67
Mapa 31: Marea de tormenta, período de retorno 100 años	68
Mapa 32: Marea de tormenta, período de retorno 500 años	69
Mapa 33: Marea de tormenta, período de retorno 1,000 años	70
Mapa 34: Inundación por lluvia huracanada, período de retorno 50 años	71
Mapa 35: Inundación por lluvia huracanada, período de retorno 100 años	72
Mapa 36: Inundación por lluvia huracanada, período de retorno 500 años	73

Mapa 37: Inundación por lluvia huracanada, período de retorno 1,000 años	74
Mapa 38: Cuencas hídricas de la República Dominicana	81
Mapa 39: Distribución de la población	83
Mapa 40: Densidad poblacional	84
Mapa 41: Uso del suelo, Distrito Nacional	88
Mapa 42: Uso del suelo, Santiago de Los Caballeros	89
Mapa 43: Altura de construcciones, Distrito Nacional	90
Mapa 44: Altura de construcciones, Santiago de Los Caballeros	91
Mapa 45: Área total construida, Distrito Nacional	92
Mapa 46: Área total construida, Santiago de Los Caballeros	93
Mapa 47: Valor de reposición por metro cuadrado, Distrito Nacional	94
Mapa 48: Valor de reposición por metro cuadrado, Santiago de Los Caballeros	95
Mapa 49: Valor de reposición, Distrito Nacional	96
Mapa 50: Valor de reposición, Santiago de Los Caballeros	97
Mapa 51: Pérdida anual esperada por sismo (Valor)	106
Mapa 52: Pérdida anual esperada por sismo(‰)	107
Mapa 53: Pérdida anual esperada por huracán (Valor)	108
Mapa 54: Pérdida anual esperada por huracán (‰)	109
Mapa 55: Pérdida anual esperada por sismo (Valor)	117
Mapa 56: Pérdida anual esperada por sismo(‰)	118
Mapa 57: Pérdida anual esperada por huracán (Valor)	119
Mapa 58: Pérdida anual esperada por huracán (‰)	120
Mapa 59: Riesgo físico (RF) para los barrios del Distrito Nacional	123
Mapa 60: Coeficiente de agravamiento (F) para los barrios del Distrito Nacional	124
Mapa 61: Riesgo total (RT) para los barrios del Distrito Nacional	125
Mapa 62: Riesgo físico (RF) para los barrios de Santiago de Los Caballeros	127
Mapa 63: Coeficiente de agravamiento (F) para los barrios de Santiago de Los Caballeros	128
Mapa 64: Riesgo total (RT) para los barrios de Santiago de Los Caballeros	129

## 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. Éstas están descritas en detalle en los informes técnicos respectivos del proyecto (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 aplicación.
- El uso que el lector le dé a la información no compromete a los autores de los estudios realizados, quienes presentan mediante las aplicaciones lo que puede ser factible de realizarse 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 (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 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.



# Prólogo

Con la creación del Sistema Nacional de Gestión de Riesgos en la República Dominicana, bajo la Ley 147-02 del 22 de septiembre del 2002, sobre gestión de riesgos, se dispone de mandatos legales que permiten a las instituciones en el marco de su naturaleza, desarrollar acciones vinculadas a los distintos temas que comprende la gestión integral del riesgo.

La Ley 496-06 que crea la Secretaría de Estado de Economía, Planificación y Desarrollo (SEEPyD), hoy Ministerio (MEPyD), confiere a la Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (DGODT), la responsabilidad de velar por la incorporación del factor de reducción de riesgo ante desastres en la formulación e implementación de las Políticas y Planes de Desarrollo, así como en los Proyectos de Inversión Pública.

El Programa de Prevención de Desastres y Gestión de Riesgos (1708/OC-DR), financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en enero 2012 puso en marcha la iniciativa CAPRA (Comprehensive Approach for Probabilistic Risk Assessment), por sus siglas en inglés, la cual ofrece la oportunidad de comprender el fenómeno riesgo, sensibilizar e integrar a los actores a involucrarse en una efectiva gestión del riesgo y una política orientada a la Prevención.

CAPRA es una estrategia que pretende fortalecer y consolidar un proceso técnico-científico de evaluación de riesgos con fines de avanzar en el conocimiento y la toma de decisiones. Este sistema es el núcleo de un proceso estratégico de identificación y evaluación del riesgo que se deriva de las principales amenazas o peligros naturales que pueden afectar el país.

Mediante esta iniciativa se realizó la evaluación de amenazas naturales a nivel nacional, la evaluación del riesgo para el Distrito Nacional y Santiago de Los Caballeros, así como también, transferencia de conocimientos a técnicos de diferentes instituciones sectoriales y académicas en nuestro país.

El Compendio de Mapas sobre Amenazas y Riesgos Naturales en República Dominicana, corresponde al desarrollo de un documento que ilustra algunos de los resultados más representativos de las amenazas sísmicas, tsunamigénica, viento huracanado, lluvia huracanada e inundaciones a nivel nacional, así como también el riesgo en las ciudades de Santiago y el Distrito Nacional.

Estos mapas se realizaron de acuerdo a una secuencia apropiada y una serie de textos descriptivos de lo que ha sido el desarrollo CAPRA en la República Dominicana.

En la Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (DGODT) apostamos al aprovechamiento de este Compendio de Mapas, el cual precisará una línea base de referencia frente a los avances y nuevas evaluaciones que se realicen en el futuro por los usuarios o beneficiarios del proyecto, contribuyendo a una planificación de las acciones de prevención, mitigación y respuesta más eficientes.



Arq. Franklin Labour Feliz

**Director General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (DGODT)**

# Midiendo lo inmedible: El riesgo

## 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 del Caribe, dentro de los cuales uno de los afectados ha sido la República Dominicana. 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 ca-

pacidad 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 este.

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, y deslizamientos. 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 (Comprehensive Approach for Probabilistic Risk Assessment), que en realidad es el núcleo de una estrategia internacional 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 latinoamericanos. 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 la Plataforma 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 la República Dominicana y en toda la región de América Latina y el Caribe. El primer beneficio que se deriva de este esfuerzo interinstitucional de la DGODT 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 CAPRA?

El propósito general de la Plataforma 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 beneficiocosto 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 activos 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.

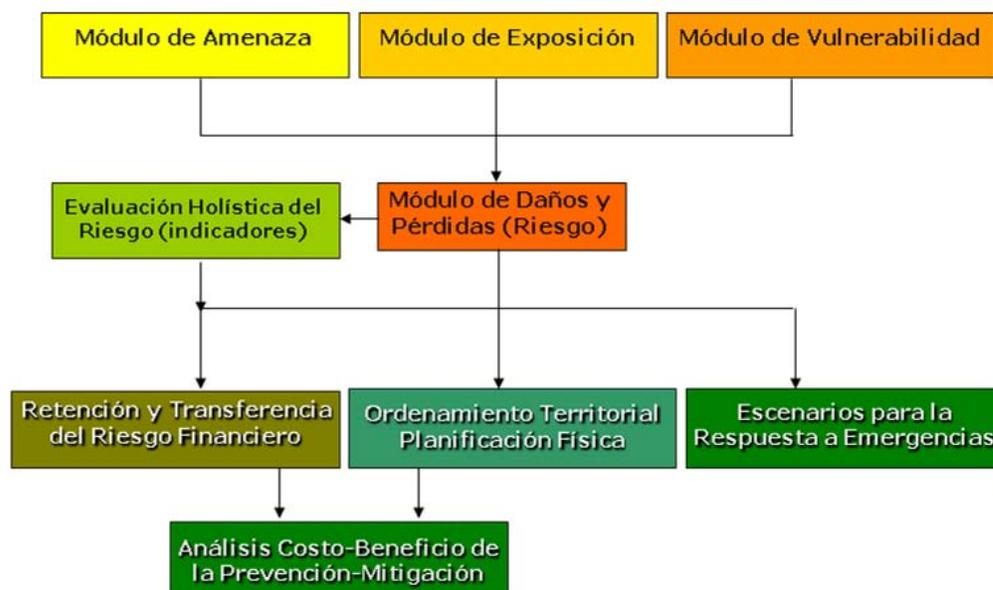


Figura 1. Esquema

## 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 peli-

gro 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 y estudiadas. 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 y aproximados 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 continuo 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

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.

## 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 funciones que relacionan el nivel de daño esperado en 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

No Tecnificado-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 3.0 m. No presenta un sistema estructural definido, por lo tanto posee un comportamiento impredecible.

Muros de madera: Es una tipología en la que predomina la madera como elemento estructural principal, están conformados un esqueleto en madera cubierto con láminas de madera, aunque en algunos casos pueden ser láminas 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 lámina 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 están conformadas 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 más pisos, en cuyo caso las placas de entrepiso

son en concreto y las cubiertas 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 una 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:

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.

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.

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.

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.

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 la República Dominicana

## Información general

La República Dominicana se encuentra ubicada sobre la isla La Española, en el Mar Caribe y ocupa dos tercios de su territorio, mientras la República de Haití ocupa el resto. Se localiza al sur del trópico de Cáncer en el hemisferio Norte entre los 17° 36' y 19° 58' de latitud norte y los 68° 19' y 72° 01' de longitud oeste. Su ubicación lo hace un país tropical.

La República Dominicana limita al norte con el océano Atlántico, al este con el canal de La Mona; al sur con el mar Caribe; y al oeste limita con la República de Haití. La línea costera tiene una longitud de 1,576 km y la línea fronteriza con la República de Haití tiene una longitud de 388 km, haciendo que el perímetro total del país sea 1,964 km.

La extensión territorial del país es de 48,670.82 km, incluidos los 265 km del área del lago Enriquillo, que se ubica en el occidente del país. Sus dimensiones son: 390 km de longitud, desde cabo Engaño, en la provincia La Altagracia, hasta el paraje Las Lajas en la provincia Independencia y 265 km de ancho, desde cabo Isabela, en la provincia de Puerto Plata en el norte hasta el cabo Beata, en la provincia de Pedernales en el sur.

La República Dominicana se encuentra constituida por un Distrito Nacional, que constituye un solo municipio y es sede del Gobierno Nacional, y 31 provincias. A su vez, estas provincias están divididas en municipios, de los cuales hay 155 en todo el país; y estos a su vez se dividen en distritos municipales, los cuales son 231 en total.

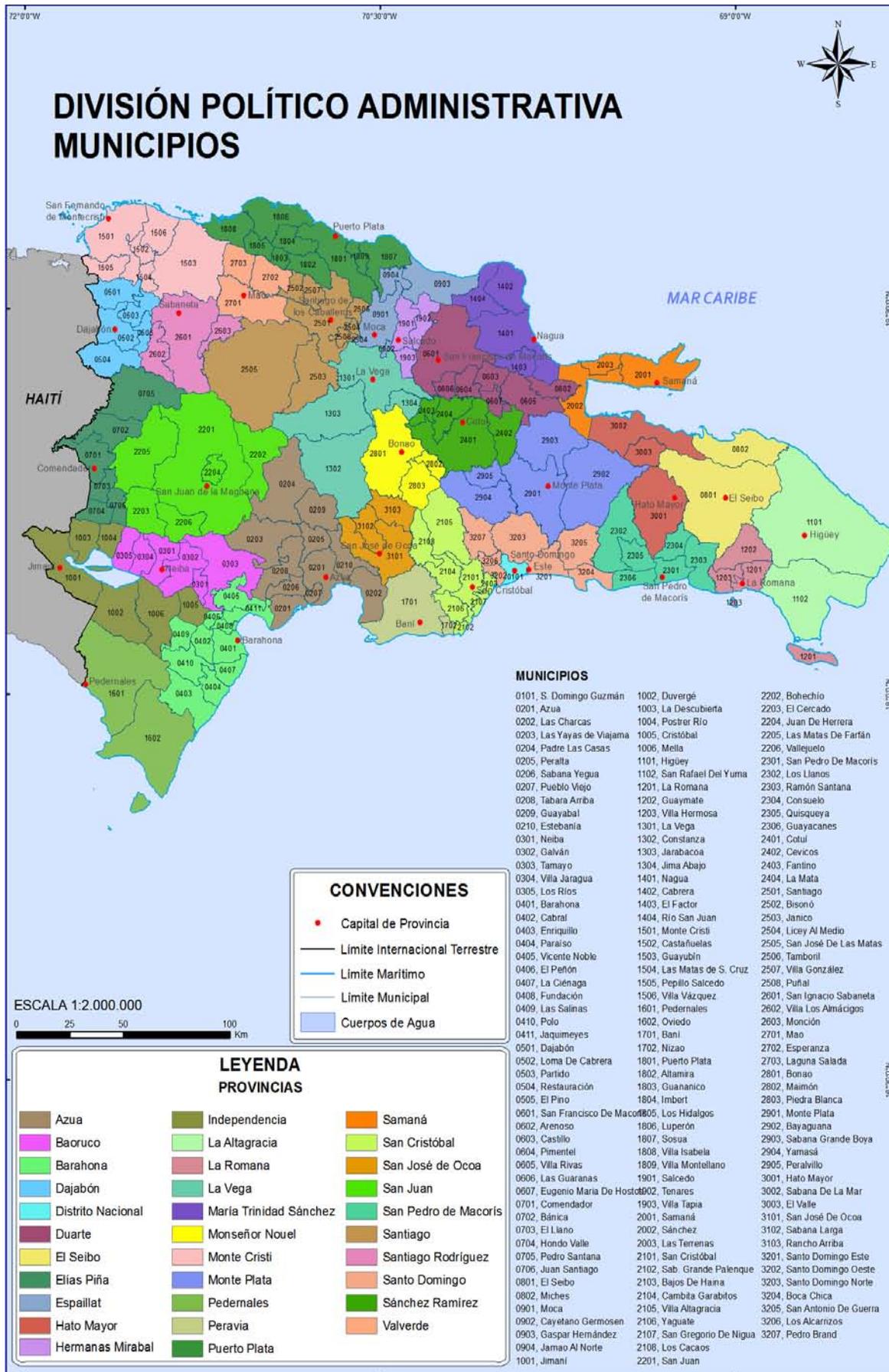


Figura 2 Localización de República Dominicana

Mapa 1 División por provincias de la República Dominicana



Mapa 2 División por municipios de la República Dominicana



## Relieve

El área del país es de 48,670.8 kilómetros cuadrados y su territorio está compuesto por sistemas de montañas y valles fértiles. El país es atravesado por 3 sistemas montañosos principales. La cordillera Septentrional bordea la costa norte del país y lo recorre en dirección noroeste-sureste desde cercanías de la ciudad de Monte Cristi hasta el noroeste de la franja pantanosa conocida como el Gran Estero y alcanza su punto más alto a los 1,249 metros en el pico Diego de Ocampo.

La cordillera Central es la más importante del país, y lo atraviesa de forma diagonal en dirección noroeste-sureste desde la península de San Nicolás en Haití hasta las cercanías de la ciudad de San Cristóbal y en su punto medio alcanza su mayor amplitud y altura. En ella se encuentran los puntos más altos dentro del relieve del país, como el Pico Duarte, que con 3,175 metros sobre el nivel del mar constituye la mayor altura del sistema montañoso de las Antillas y por lo tanto del país; a este en altura le siguen La Pelona con 3,087 metros y La Rusilla con 3,038 metros. De esta cordillera también nacen los ríos más importantes del país, como el Yaque del Norte, el Yaque del Sur y el Yuna.

La cordillera Oriental se ubica frente a la bahía de Samaná y la recorre en dirección oeste-este desde Cotuí hasta la provincia La Altagracia en el este de la República Dominicana. Es la cordillera más corta y la de menor altura con elevaciones de máximo 800 metros. En ella nacen ríos de corta longitud. Otros tres sistemas montañosos presentes en el país son aquellos ubicados en el suroeste como la Sierra Martín García, la Sierra de Neiba y la Sierra de Baoruco.

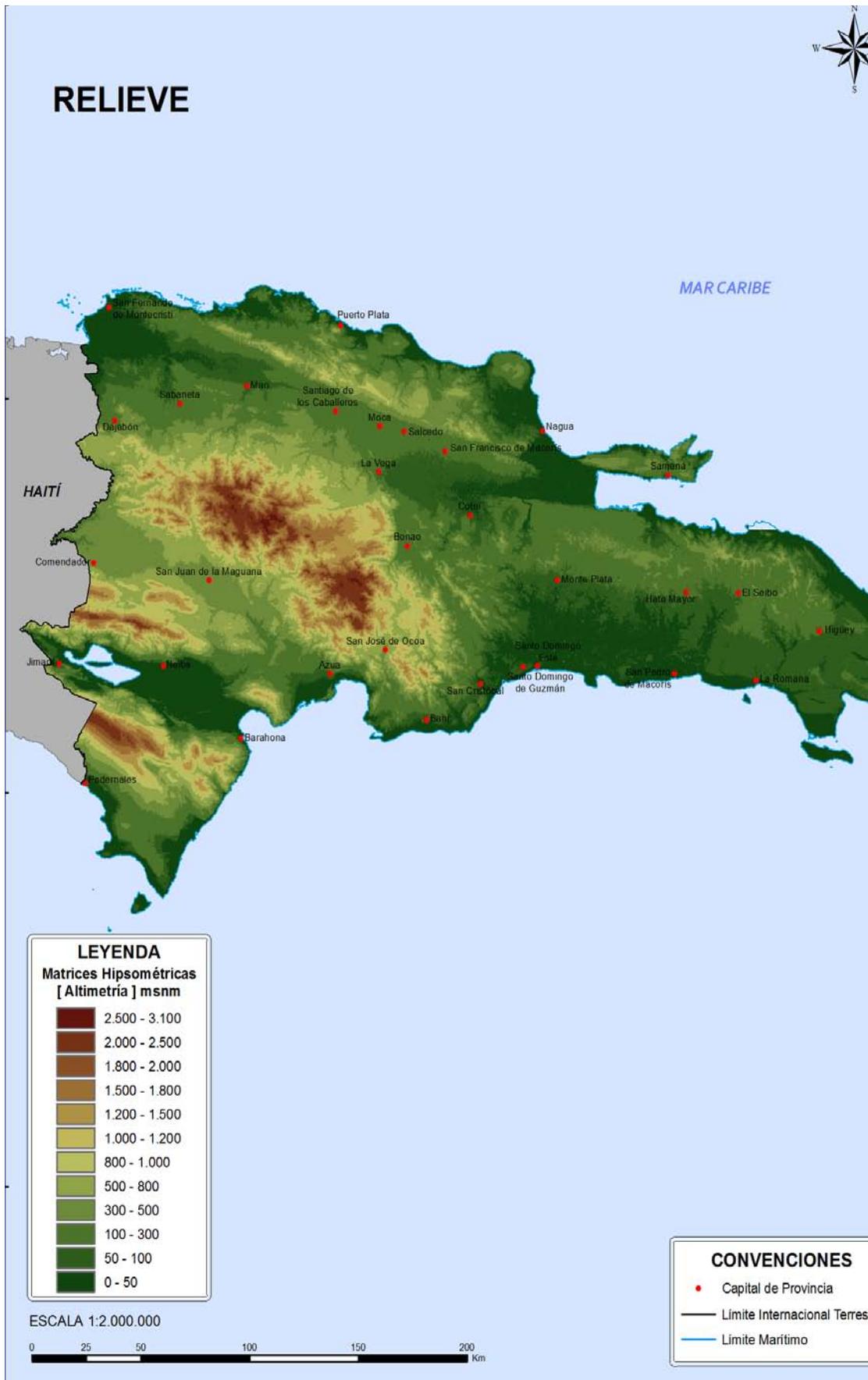
La cordillera Septentrional por el norte y la cordillera Central por el sur delimitan al valle más extenso y fértil del país: el Valle del Cibao. Allí se concentra un gran número de ciudades y población. Está dividido a su vez en el Valle del Yaque, donde se encuentra la ciudad de Santiago de Los Caballeros, y en el Valle del Yuna. Otros valles importantes en el país son el Valle San Juan, el Valle de Bonao y el Valle de Villa Altagracia.

## Geología

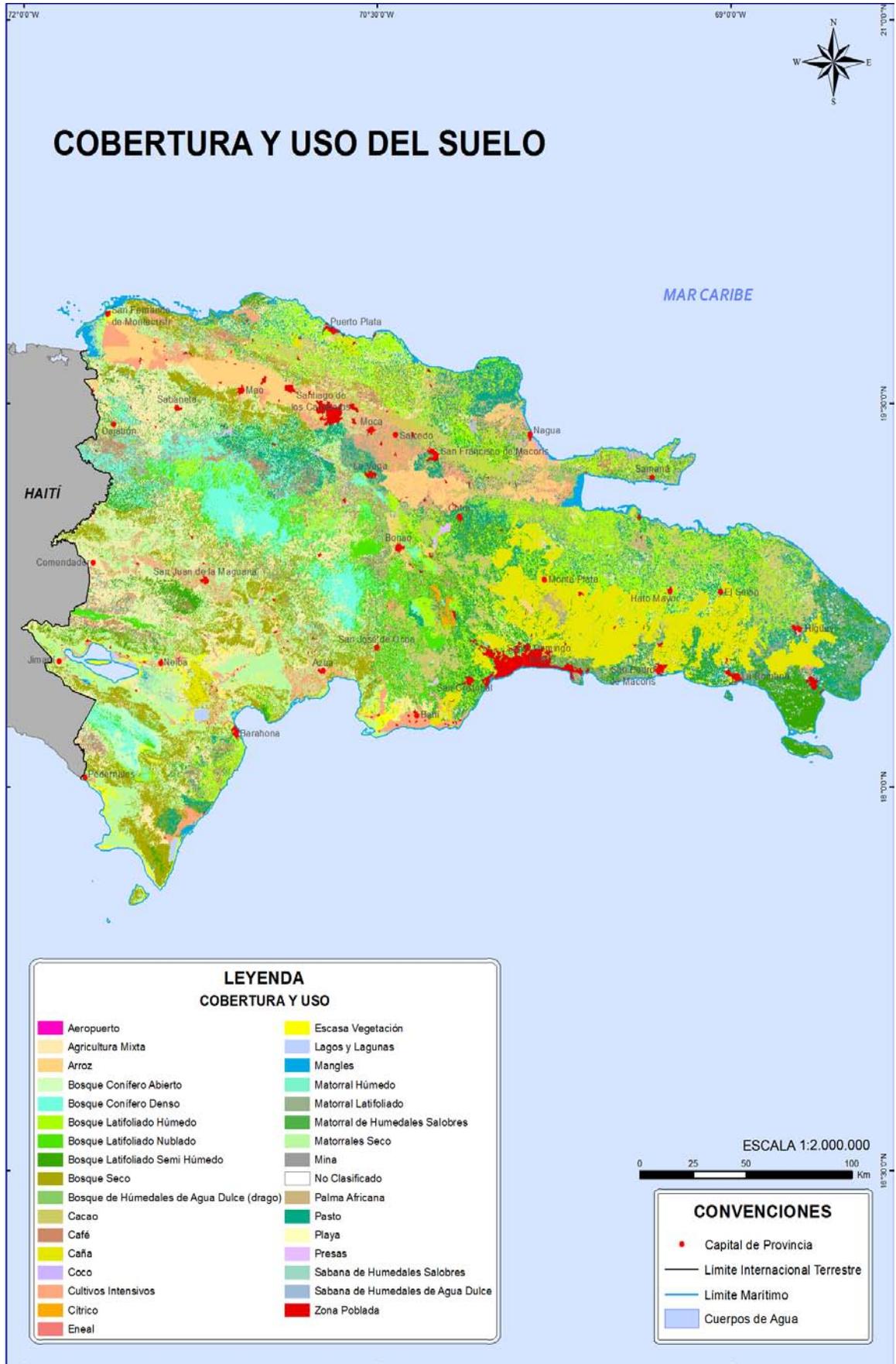
La historia geológica de la República Dominicana se remonta al período Cretáceo de la era Mesozoica, hace 130 millones de años, momento en el que empezó la emersión de la isla La Española con el proceso de subducción de la placa Norteamericana por debajo de la placa del Caribe. En ese mismo período surgen los sistemas montañosos más antiguos del país: la cordillera Central, la sierra de Yamasá, la sierra de Samaná y la sierra de Baoruco.

Durante la era Cenozoica se formaron el resto de sistemas montañosos del país: la cordillera septentrional, la Sierra de Neiba y la Sierra Martín-García que se originó cuando por una falla de hundimiento se separó de la Sierra de Neiba. Durante los últimos períodos de esta era empieza el surgimiento de todos los valles y llanuras de la Isla, como el valle de San Juan. La cordillera Central es la más joven de la Isla y surgió también a finales de la era cenozoica.

Mapa 3 Mapa de relieve de la República Dominicana



Mapa 4 Mapa de uso del suelo en la República Dominicana



# 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.

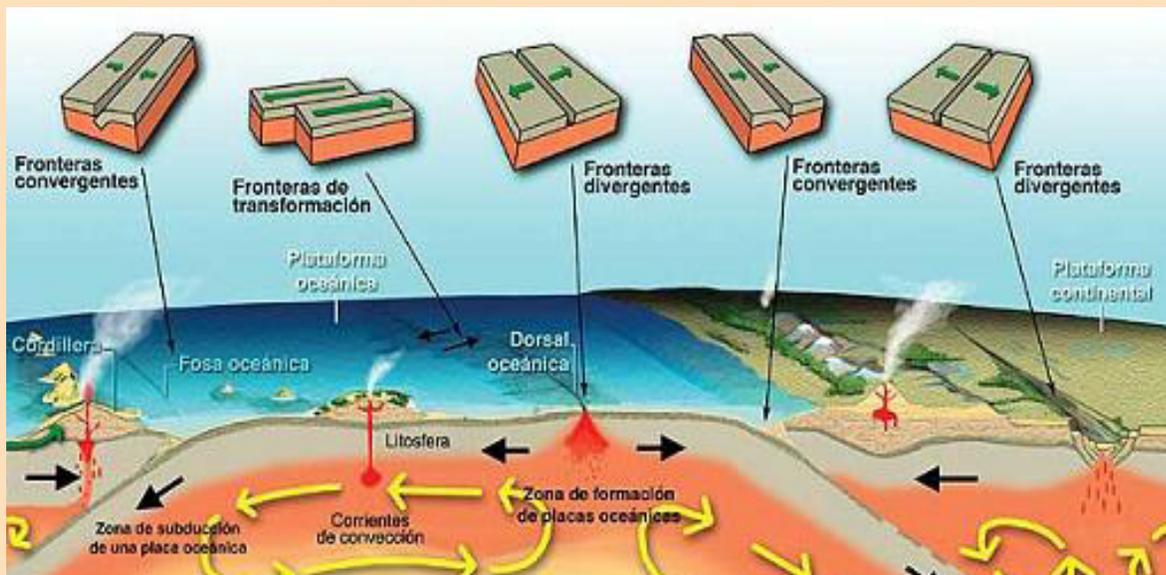


Figura 3 Placas tectónicas y sus movimientos  
Fuente: <http://www.portalciencia.net/geolotec.html>

Por ejemplo, en la República Dominicana la principal amenaza sísmica la representa la interacción entre la placa Norteamericana con la placa del Caribe. Esta interacción provoca que toda la isla, especialmente la zona septentrional se considere de alto riesgo sísmico.

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.

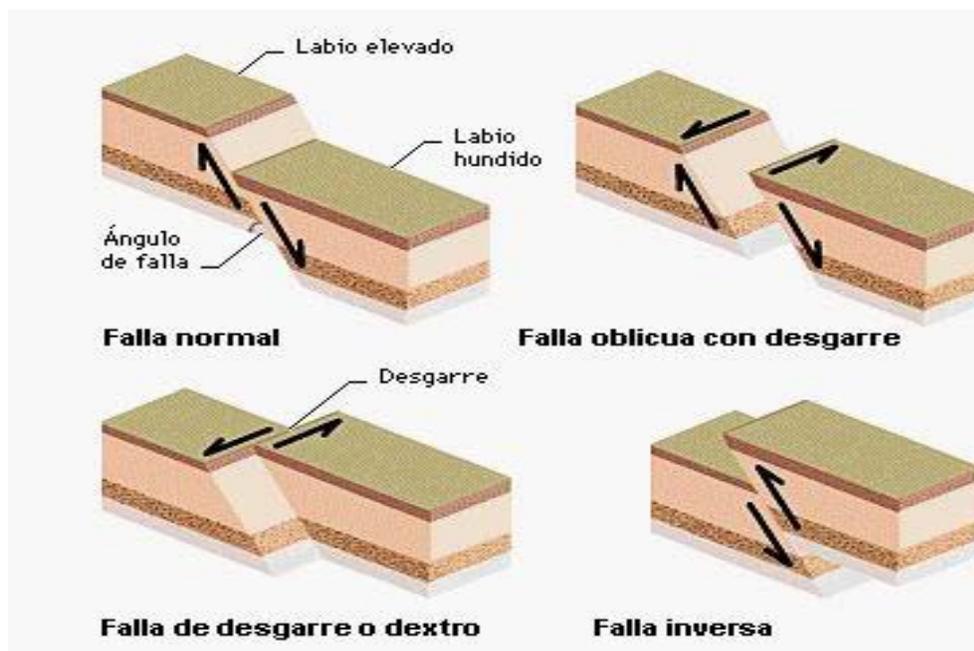


Figura 4 Tipos de falla

Fuente: <http://acbconsultores.com/Geologia%20general/TemasVarios/FallasPlegamientos.htm>

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.

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 solicitaciones 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.

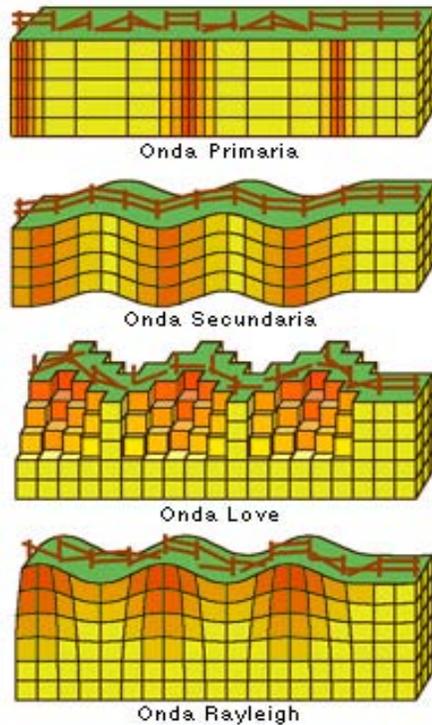


Figura 5 Tipos de onda  
 Fuente: <http://tipos.com.mx/tipos-de-ondas-sismicas>

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 Limón del 22 de abril de 1991 registrado en la estación Siquirres en Costa Rica.

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.

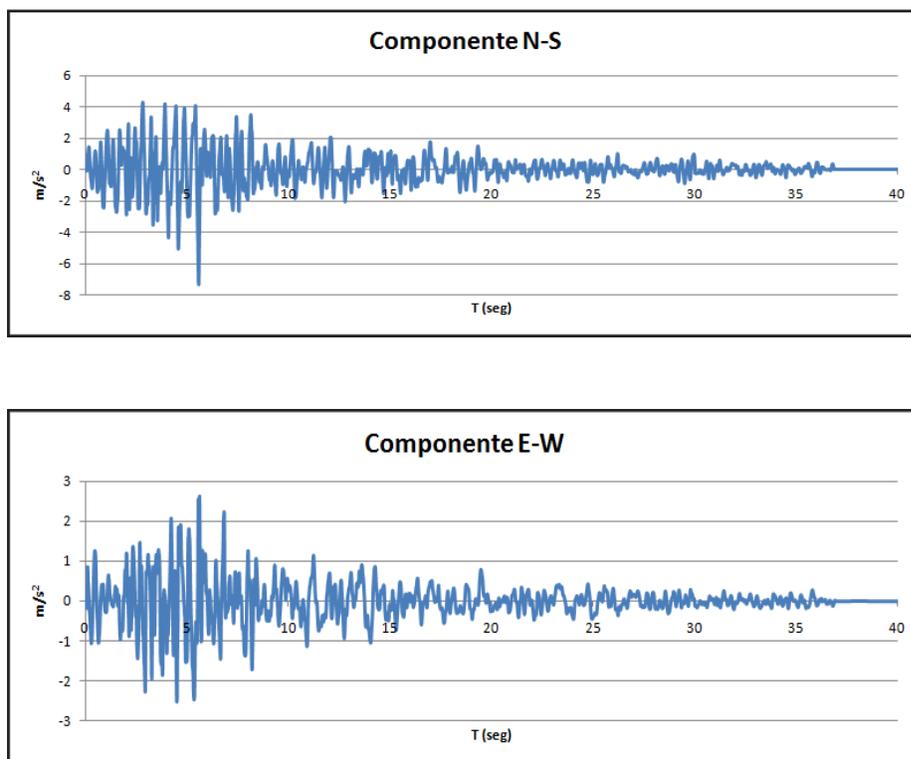


Figura 6 Acelerogramas del sismo de Limón (Costa Rica), 22 de Abril de 1991. Componentes N-S y E-W en la estación Siquirres.

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 períodos de retorno.

## Sismicidad histórica

Dentro de la historia de terremotos en la República Dominicana es posible observar un patrón difuso de ocurrencia el cual hace necesaria la observación de toda la isla de La Española en su conjunto para ver los patrones de sismicidad histórica.

### **Sismo de 1562**

El sismo afectó las villas de Santiago y La Vega las cuales no se encontraban en la ubicación actual sino que, precisamente después de la ocurrencia de este evento fueron desplazadas. La intensidad en dichas poblaciones fue estimada en X según la escala de Mercalli Modificada.

### **Sismo de 1615**

El sismo afectó la ciudad de Santo Domingo y la intensidad en la escala Mercalli Modificada fue de IX.

### **Sismo del 9 de mayo de 1676**

El evento sísmico destruyó la mayoría de las edificaciones de la ciudad de Santo Domingo. Para el evento fue estimada una intensidad en la escala de Mercalli Modificada de X.

### **Sismo de 1691**

El evento afectó la zona sur de la República Dominicana con principal afectación en Santo Domingo y la Villa de Azua. Fue estimada una intensidad en la escala de Mercalli Modificada de IX.

### **Sismo del 18 de octubre de 1751**

El evento es considerado como uno de los sismos más severos que se ha producido en la isla afectando la parte sur en Seibo donde se calculó una intensidad en la escala de Mercalli Modificada de X. Se reportó tsunami.

### **Sismo del 7 de mayo de 1842**

El evento es catalogado como uno de los de mayor intensidad que ha sacudido la isla en la parte norte. Se registró tsunami con afectación en diferentes poblaciones costeras así como también destrucción en Santiago de Los Caballeros donde se estiman en más de 5 000 las personas fallecidas. La intensidad máxima en la escala de Mercalli Modificada fue de X.

### **Sismo del 4 de agosto de 1946**

El evento tuvo una magnitud de 8.0 y se localizó en la provincia de Samaná al norte de la isla en territorio dominicano. Debido al evento se estima que alrededor de 100 personas perdieron la vida y más de 20 000 quedaron sin hogar. Se registraron daños en Puerto Plata.

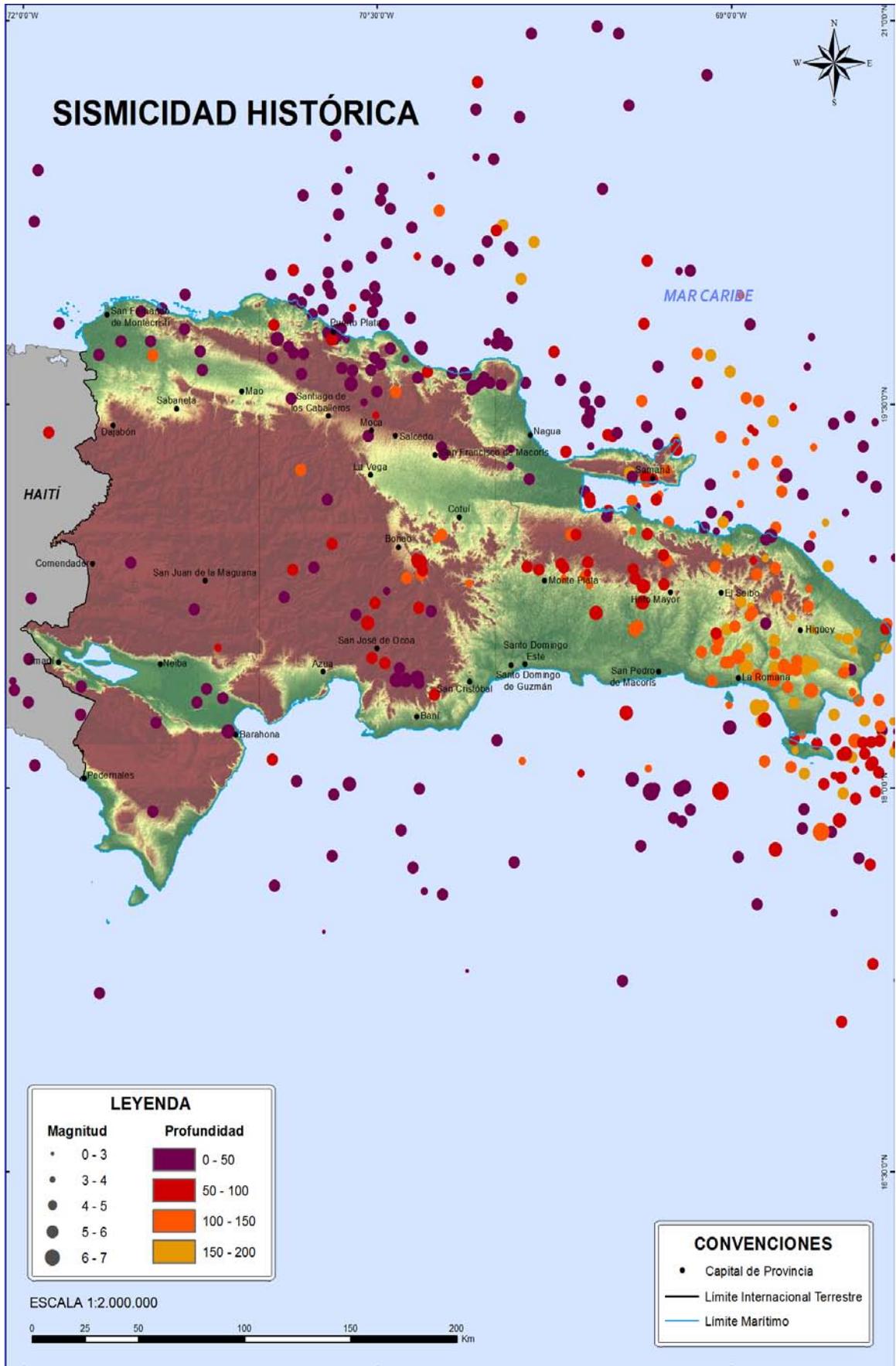
### **Sismo de Puerto Plata (22 de septiembre de 2003)**

El sismo se registró en zona cercana a la población de Puerto Plata con una magnitud de 6.4 y una duración de aproximadamente 45 segundos. Se sintió a lo largo de la isla generando daños considerables en algunas viviendas tanto del territorio dominicano como haitiano.

### **Sismo de Haití (12 de enero de 2010)**

El evento es una de las tragedias humanas más grandes del siglo XX por la pérdida de vida de más de 310 000 personas. El evento tuvo una magnitud de 7.0 y se localizó en el suroeste de la ciudad de Puerto Príncipe y fue sentido en la totalidad de la isla. En la República Dominicana se registraron daños en diferentes edificaciones así como numerosos deslizamientos ocasionados por el movimiento. Las pérdidas totales en el sismo de Haití se han estimado en unos US\$ 8 000 Millones equivalentes aproximadamente al 120% del PIB.

Mapa 5 Sismicidad histórica de la República Dominicana



## 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.

Los Mapas 6 a 9 presentan mapas de amenaza sísmica probabilista en términos de aceleración máxima de terreno para diferentes períodos de retorno, 200, 475, 1,000 y 2,500 años.

Los Mapas 10 a 13 presentan mapas de amenaza sísmica probabilista en términos de aceleración del terreno para el periodo de vibración de 0.5seg y para diferentes períodos de retorno, 200, 475, 1,000 y 2,500 años.

Los Mapas 14 a 17 presentan mapas de amenaza sísmica probabilista en términos de aceleración del terreno para el periodo de vibración de 1.0seg y para diferentes períodos de retorno, 200, 475, 1,000 y 2,500 años.

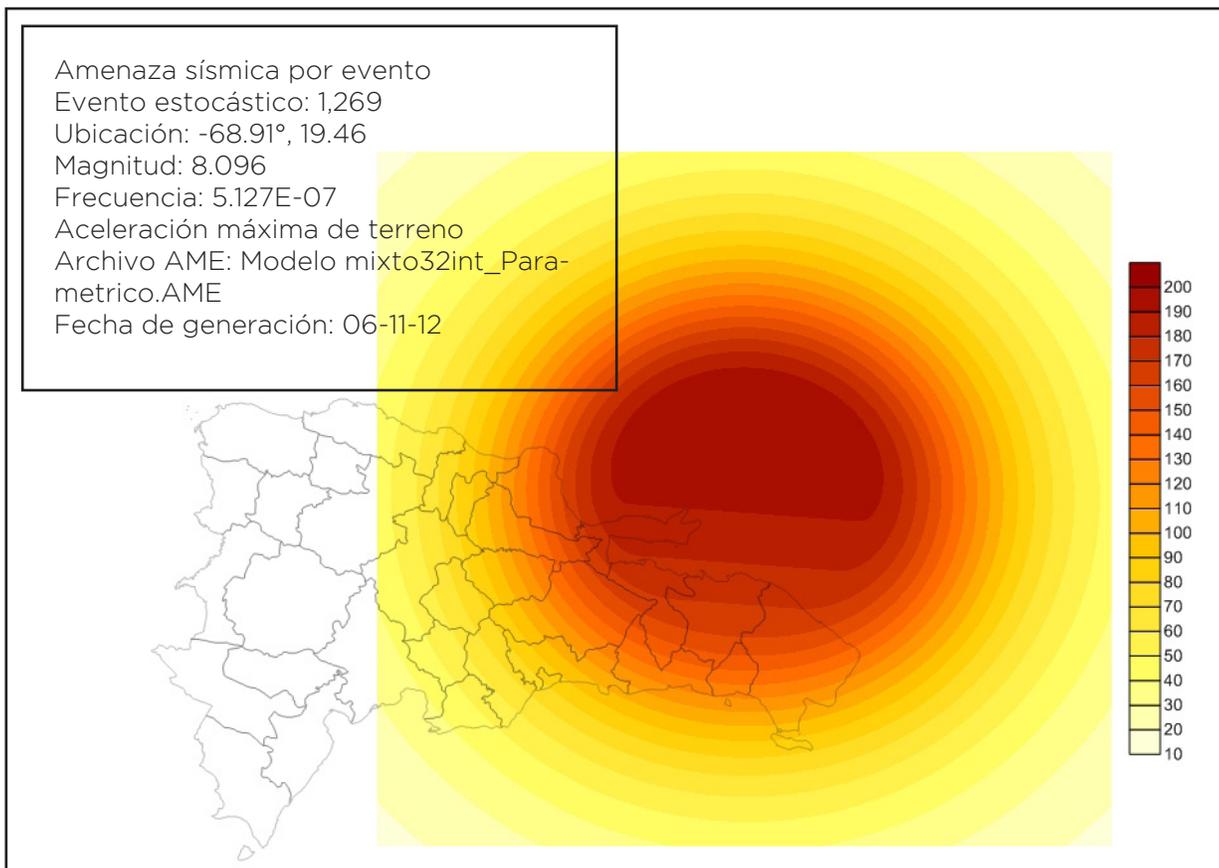


Figura 7 Intensidad para sismo

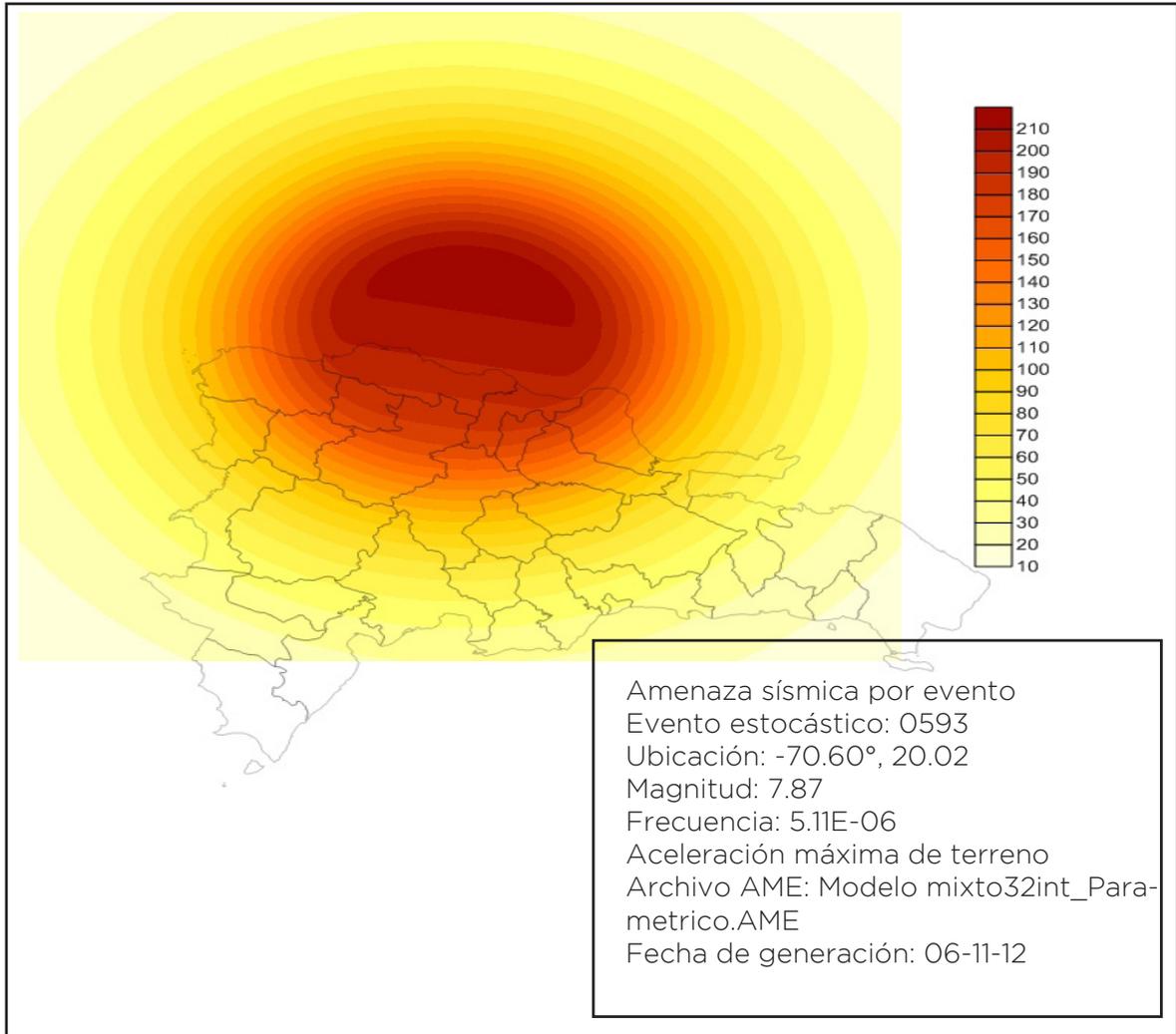
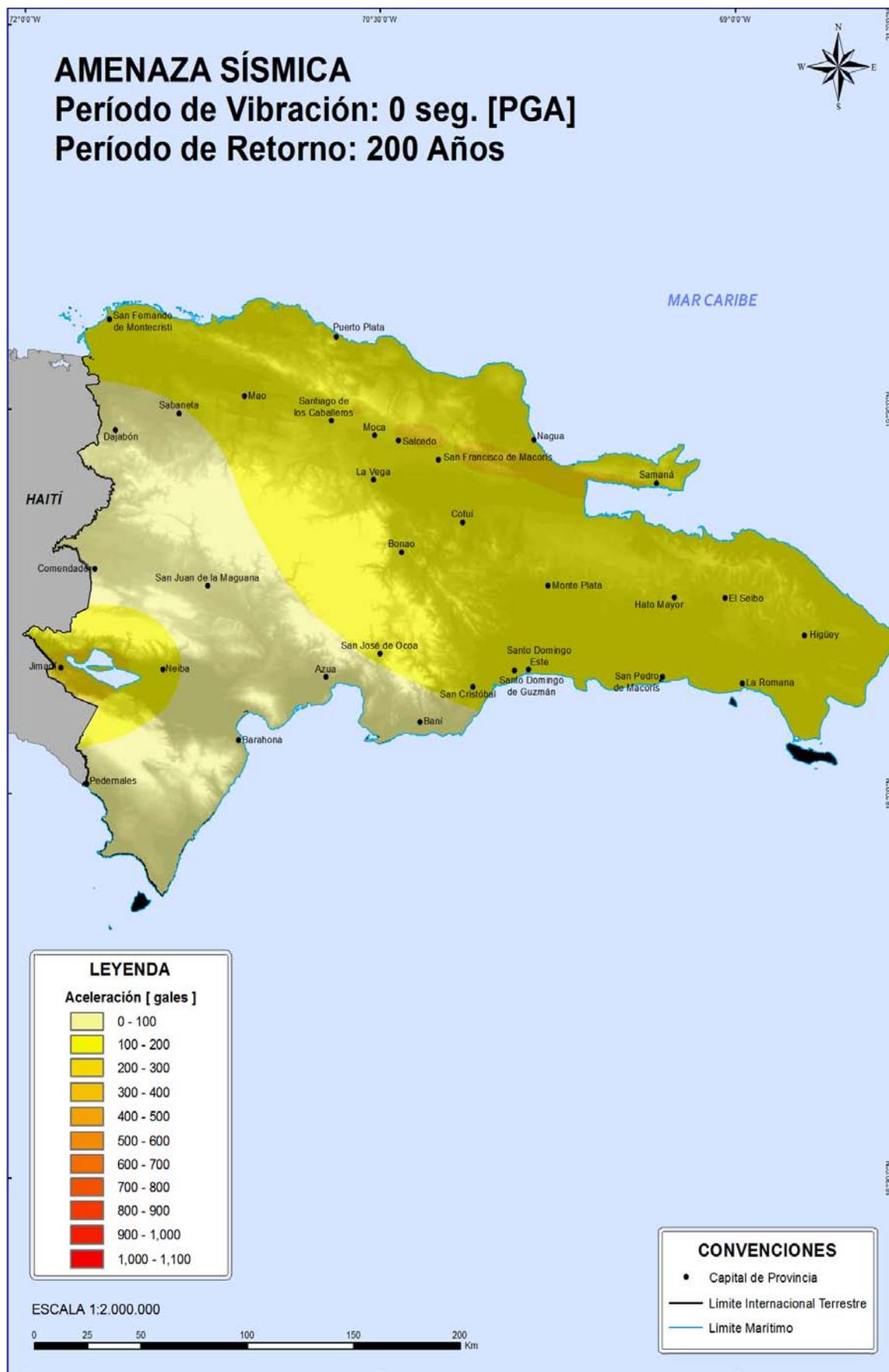
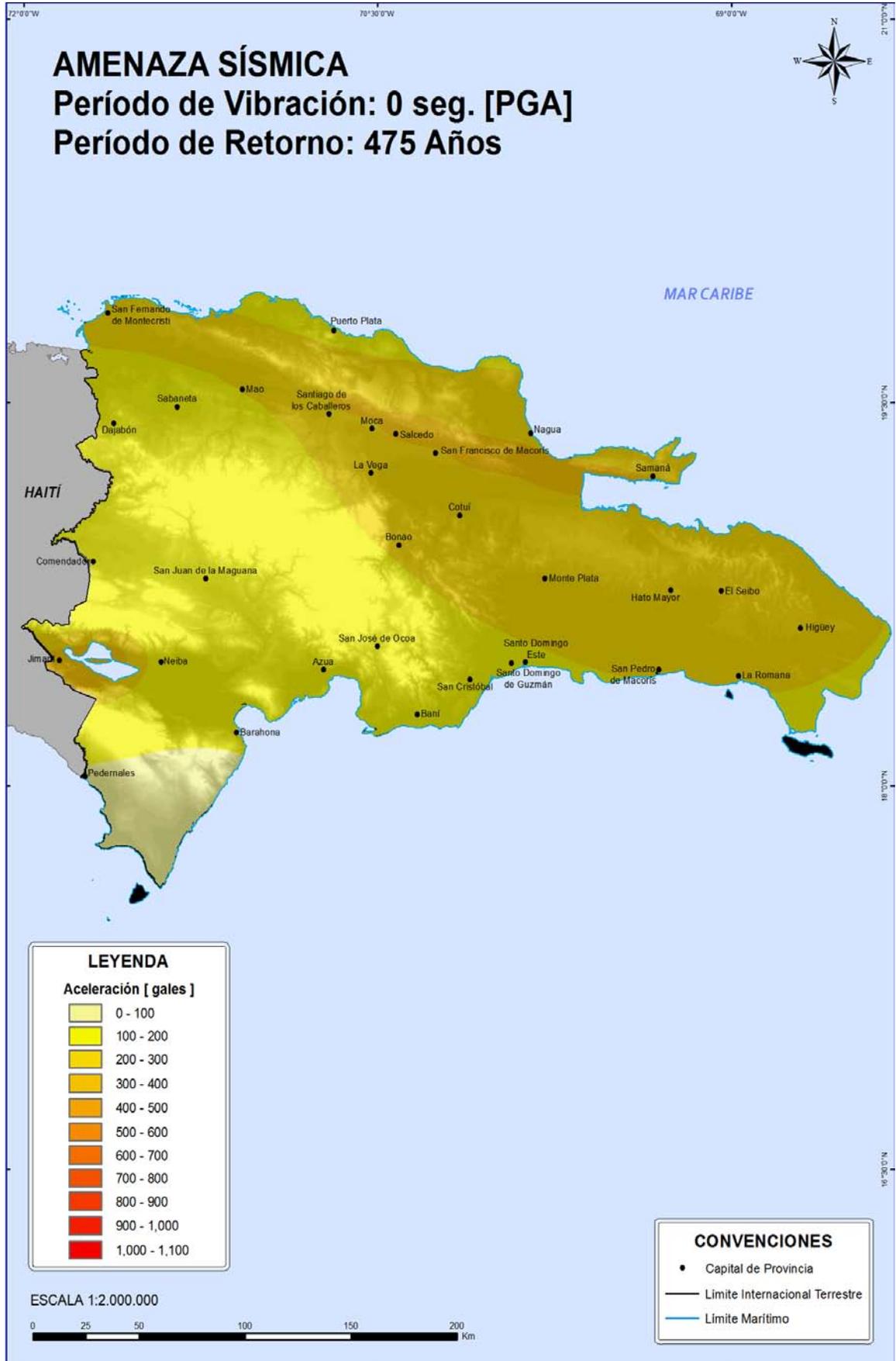


Figura 8 Intensidad para sismo

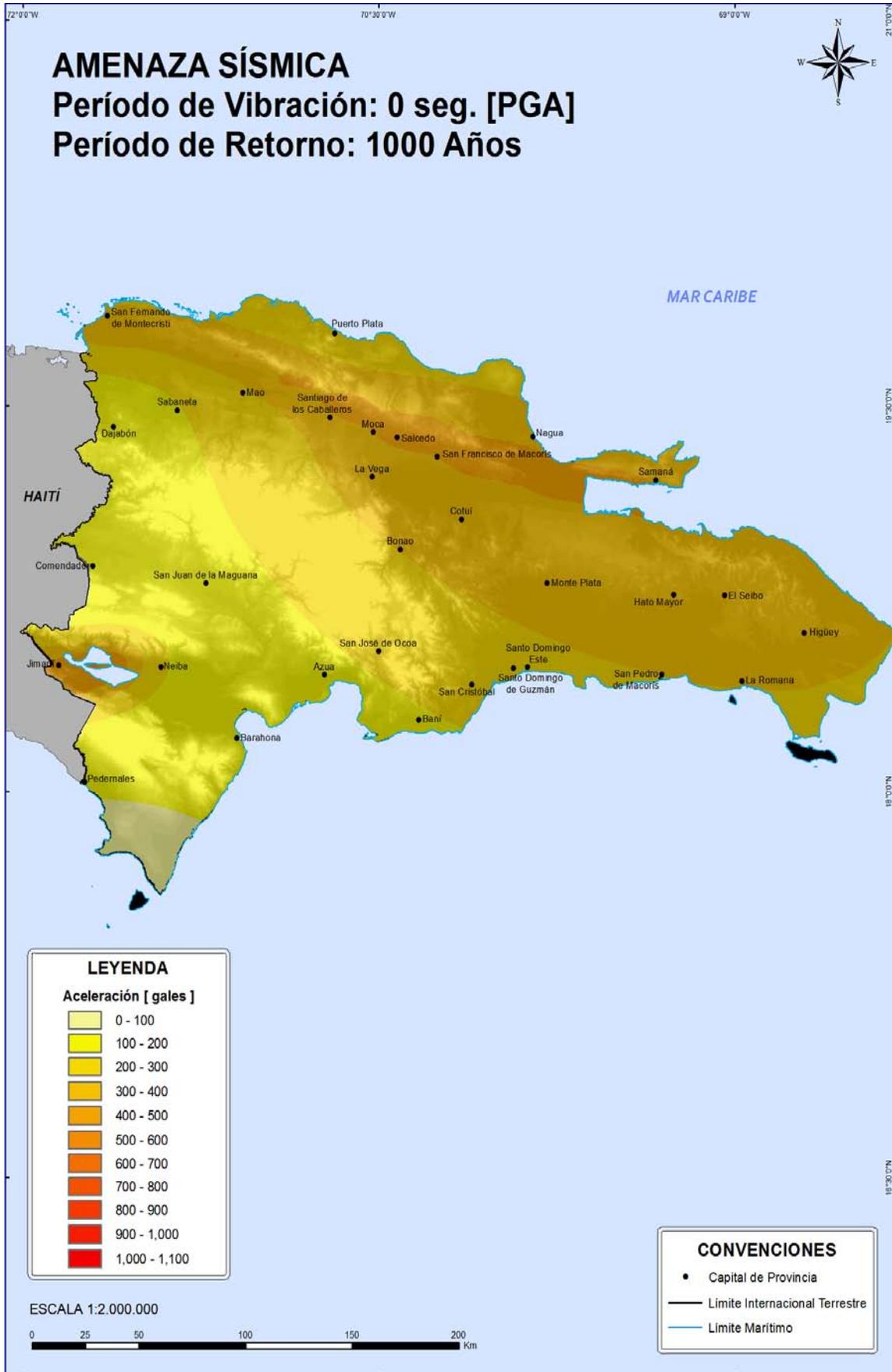
Mapa 6 Período de vibración: 0 seg, período de retorno 200 años



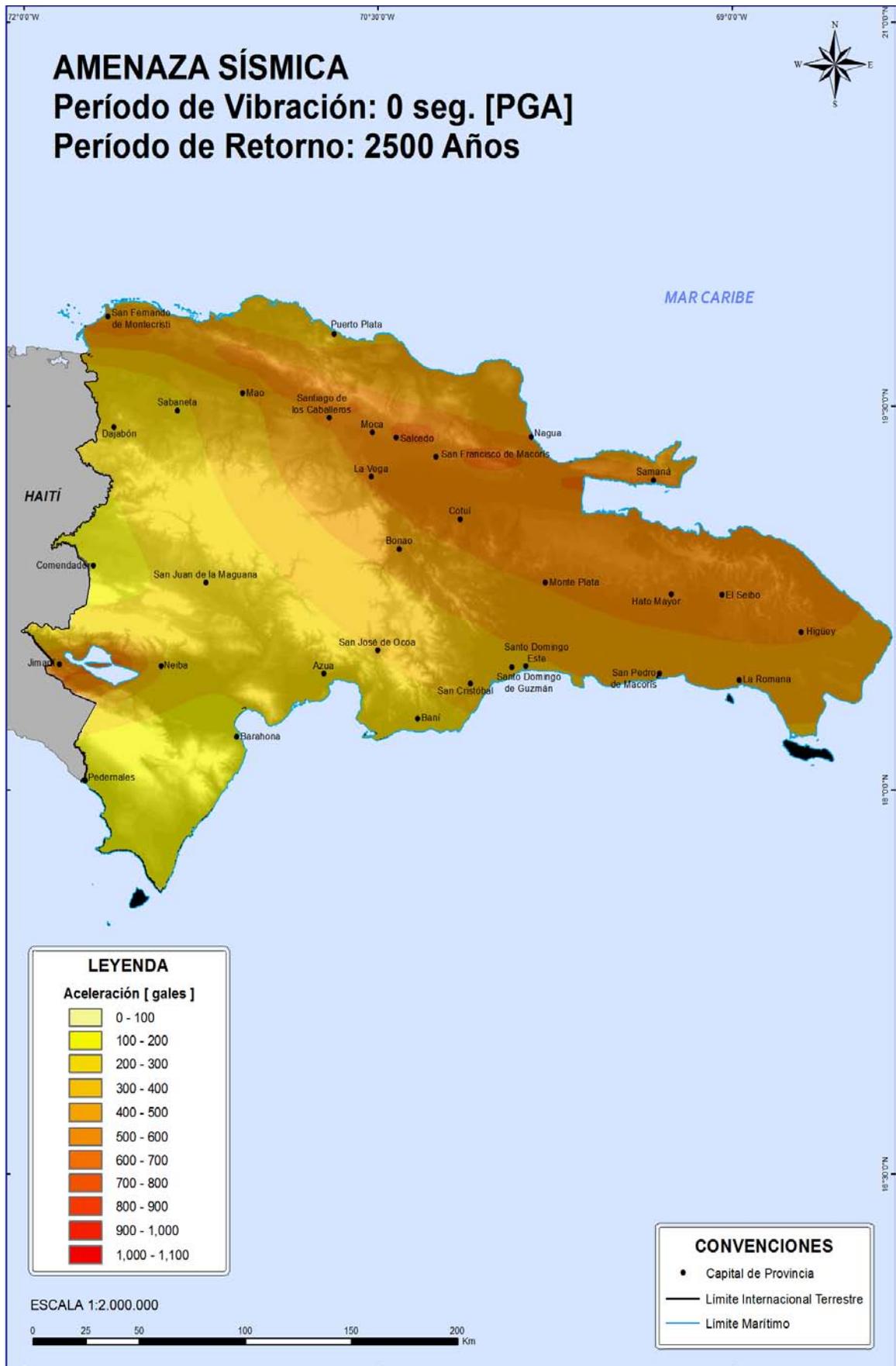
Mapa 7 Período de vibración: 0 seg, período de retorno 475 años



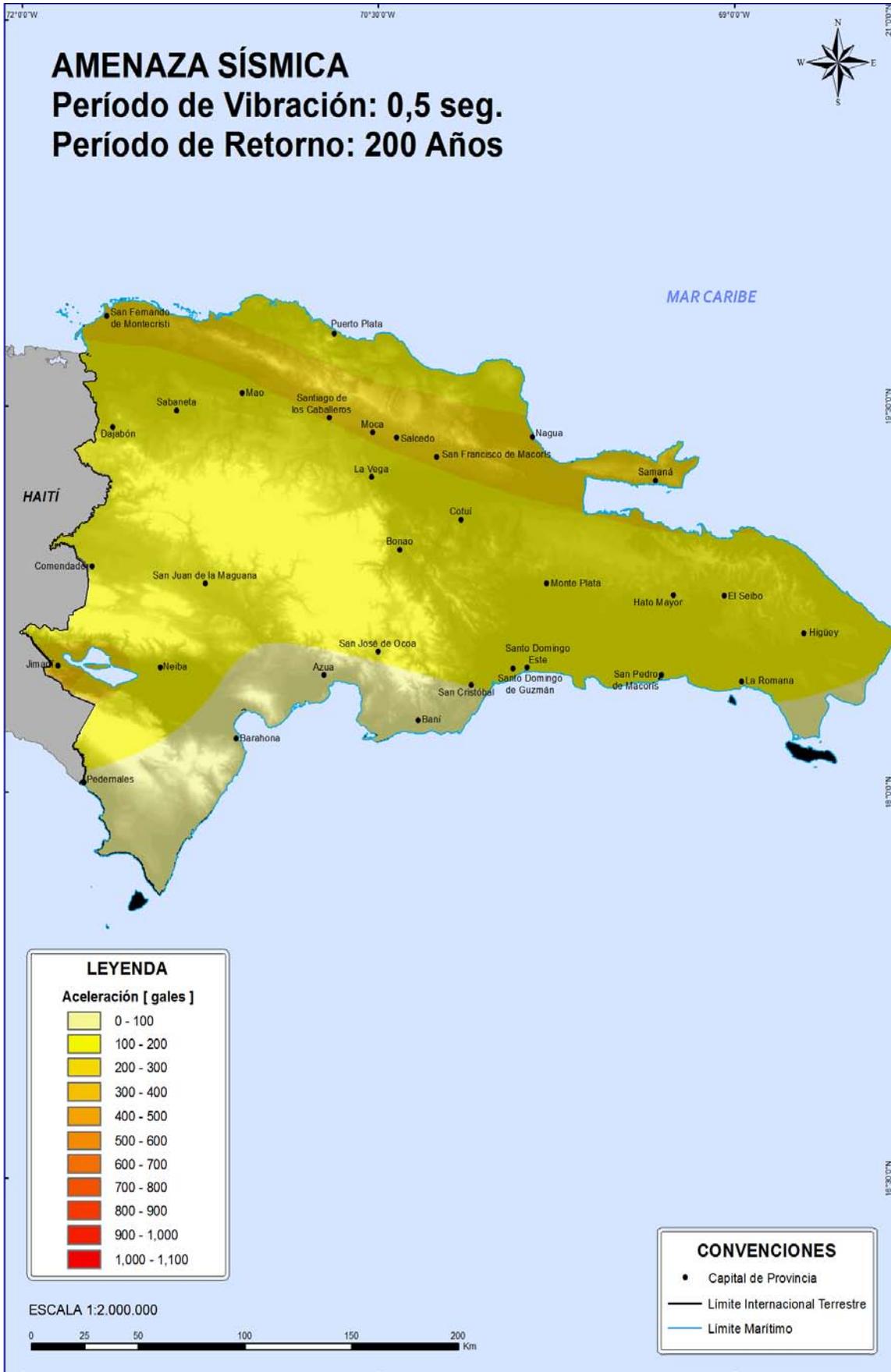
Mapa 8 Período de vibración: 0 seg, período de retorno 1,000 años



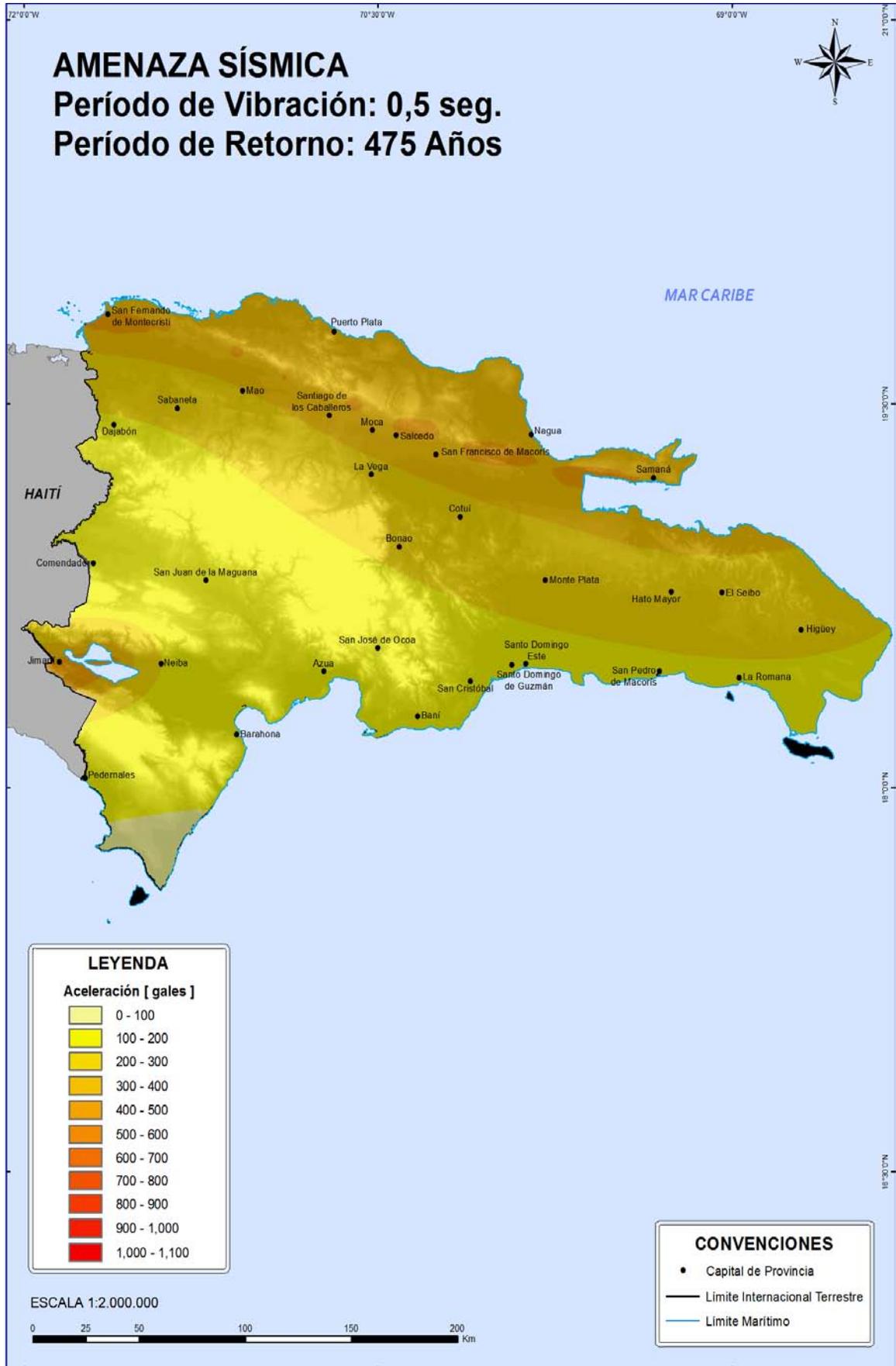
Mapa 9 Período de vibración: 0 seg, período de retorno 2,500 años



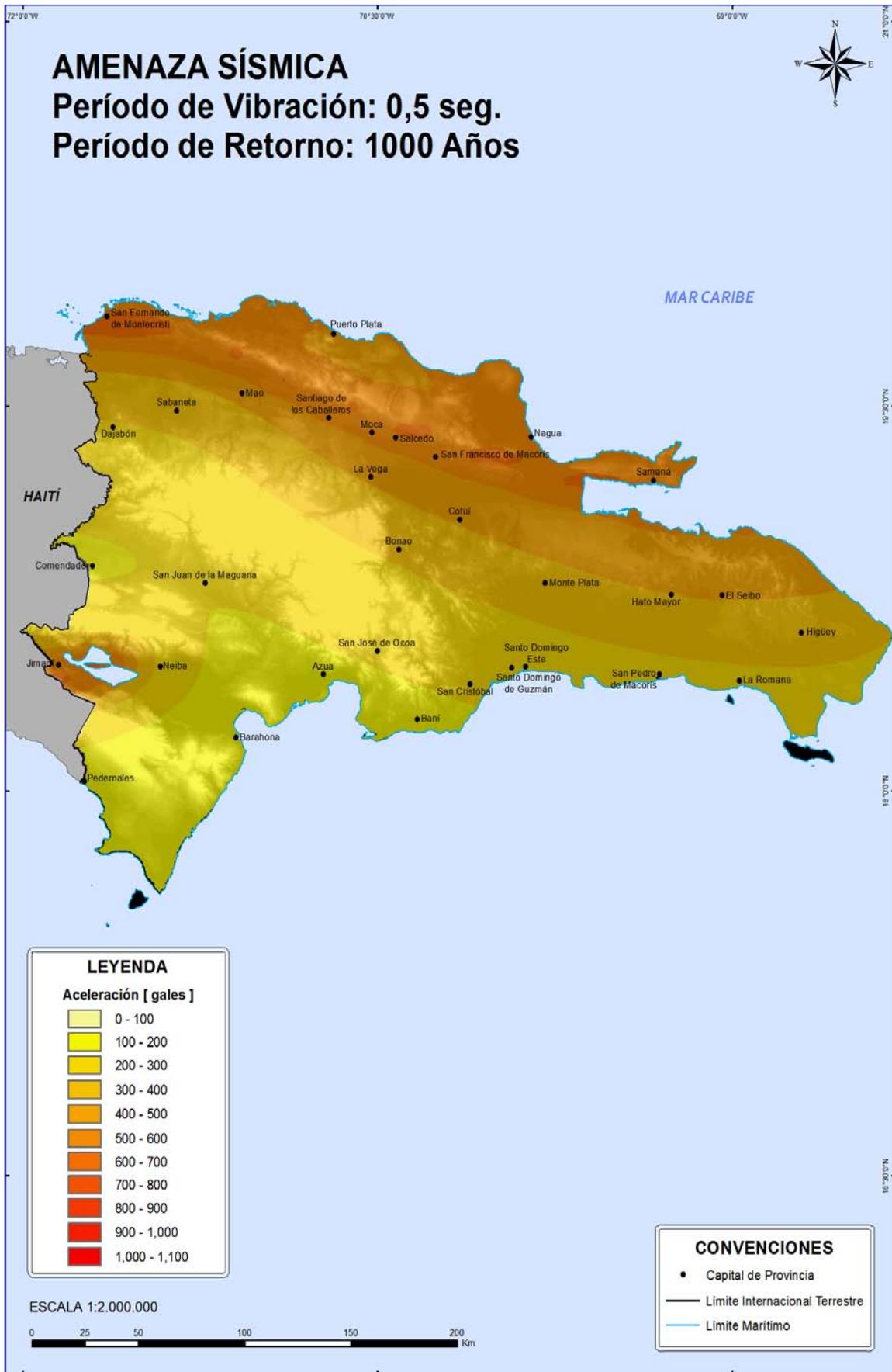
Mapa 10 Período de vibración: 0,5 seg, período de retorno 200 años



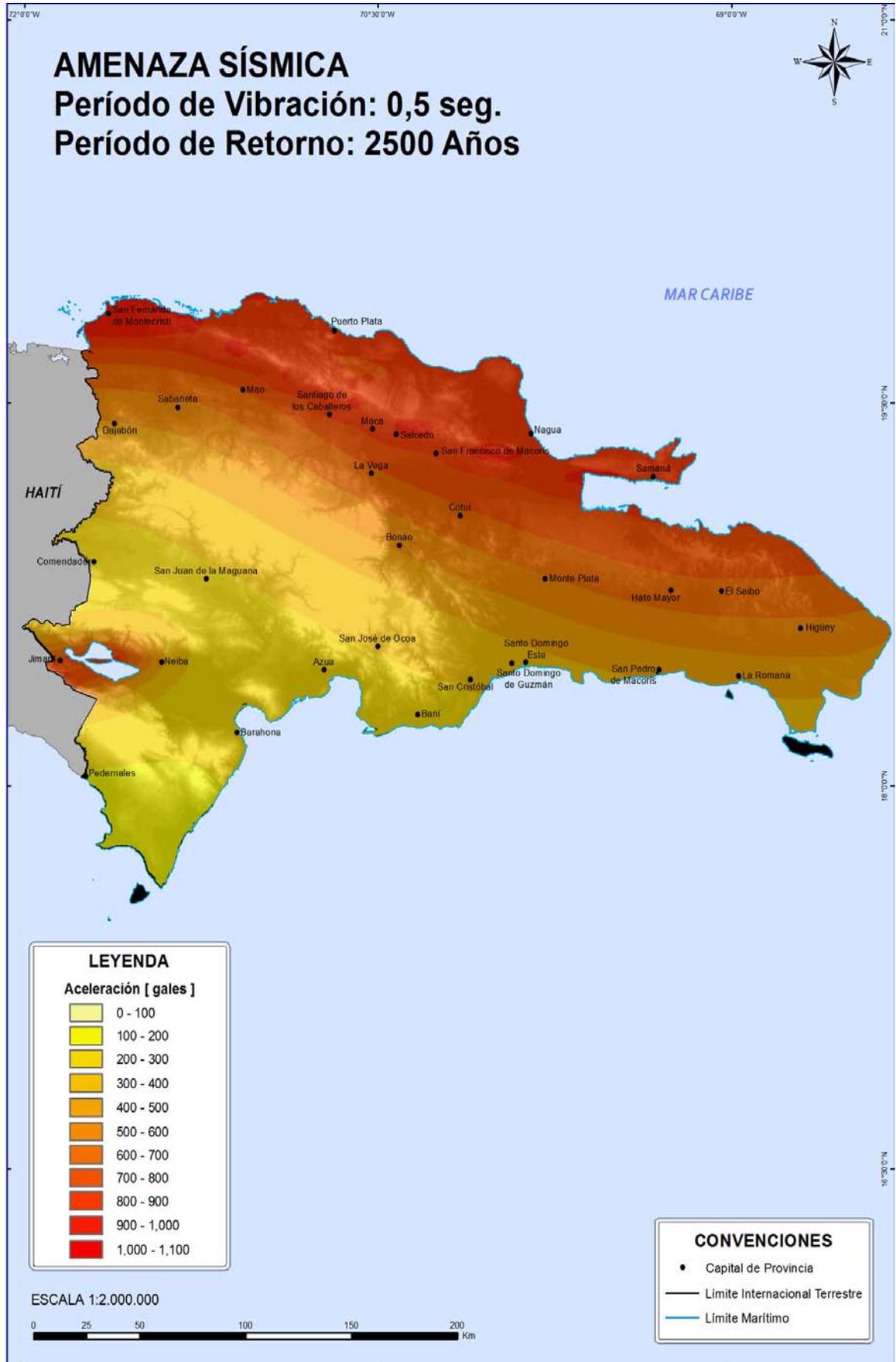
Mapa 11 Período de vibración: 0.5 seg, período de retorno 475 años



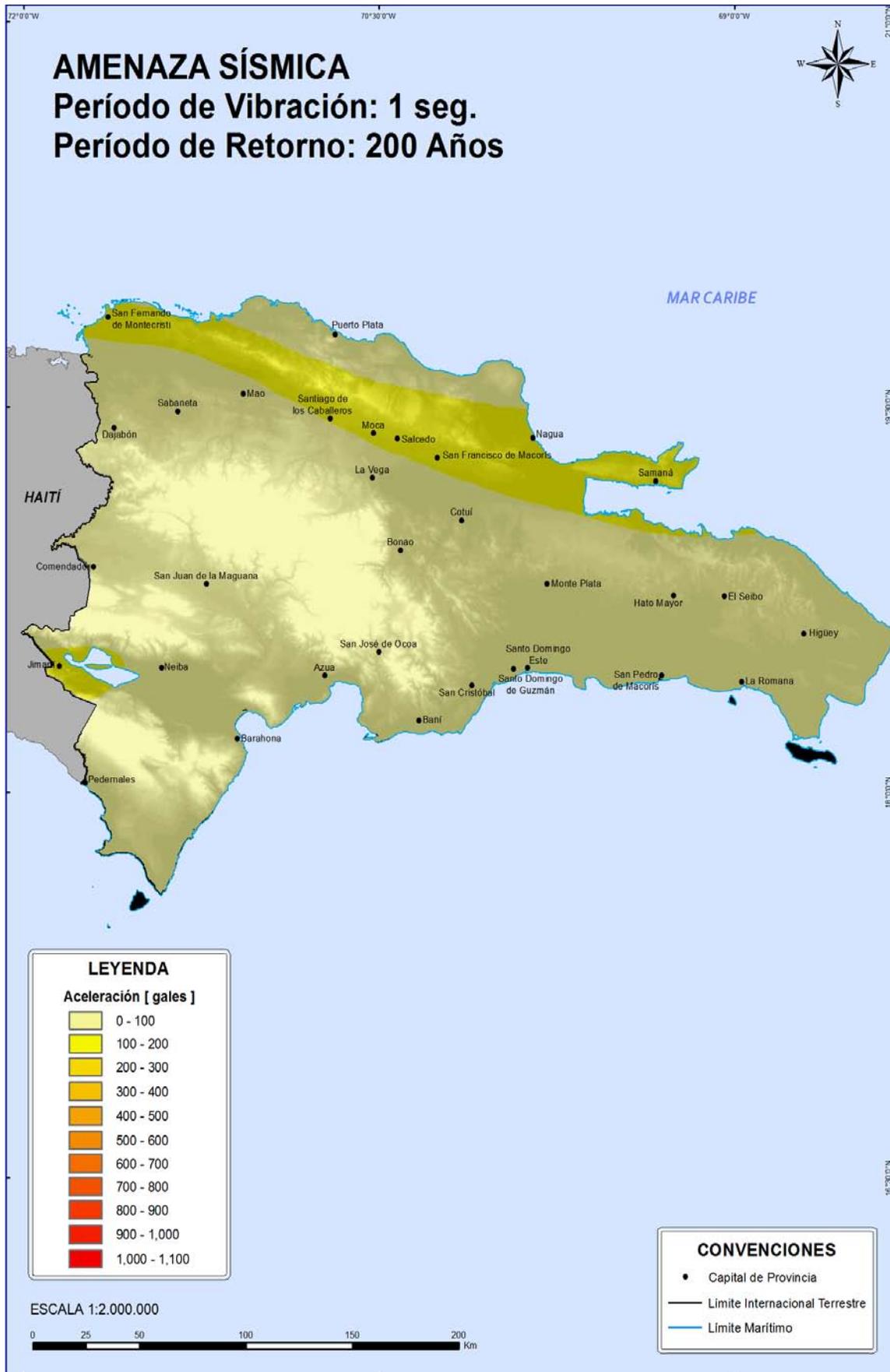
Mapa 12 Período de vibración: 0,5 seg, período de retorno 1,000 años



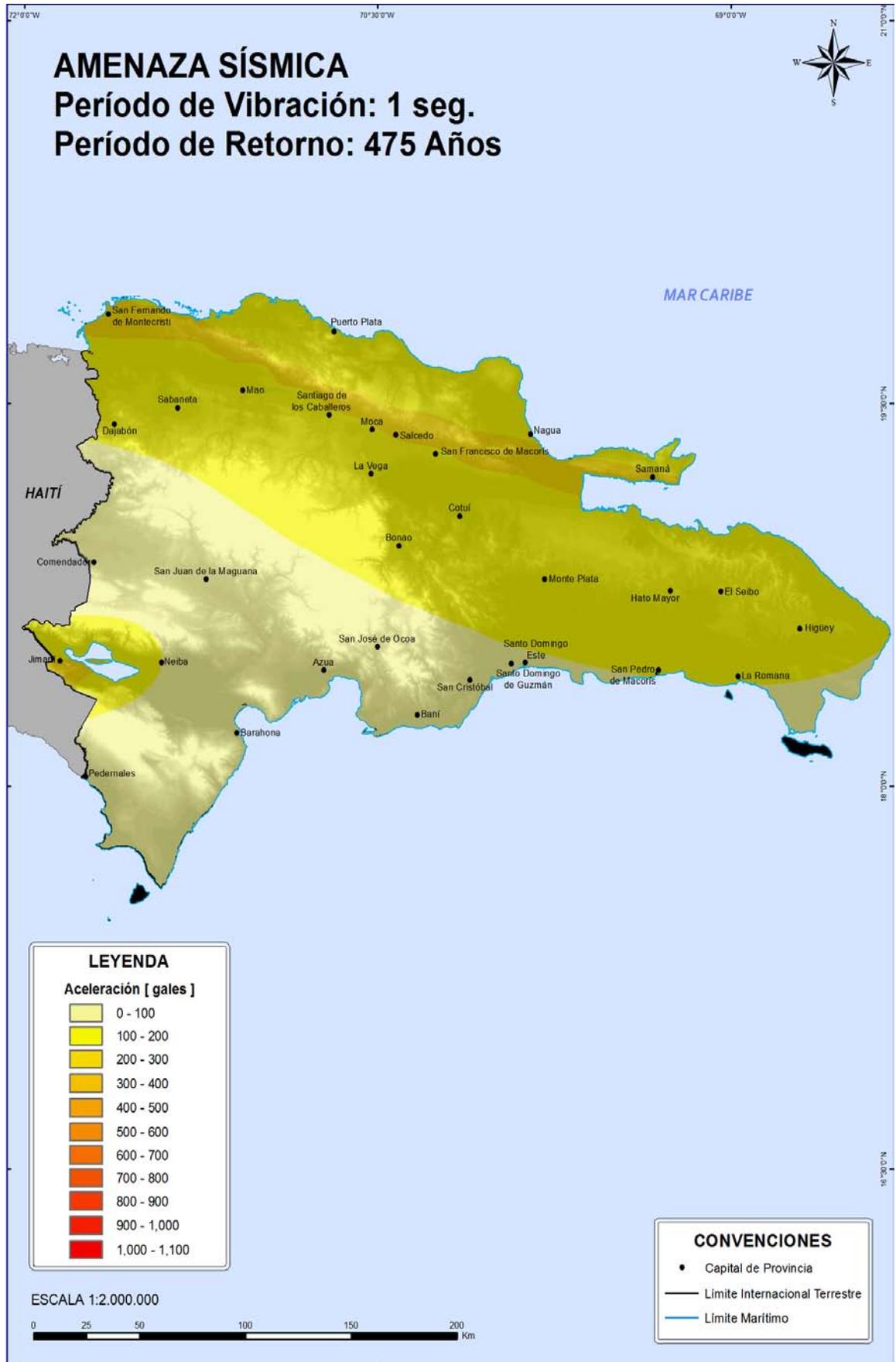
Mapa 13 Período de vibración: 0.5 seg, período de retorno 2,500 años



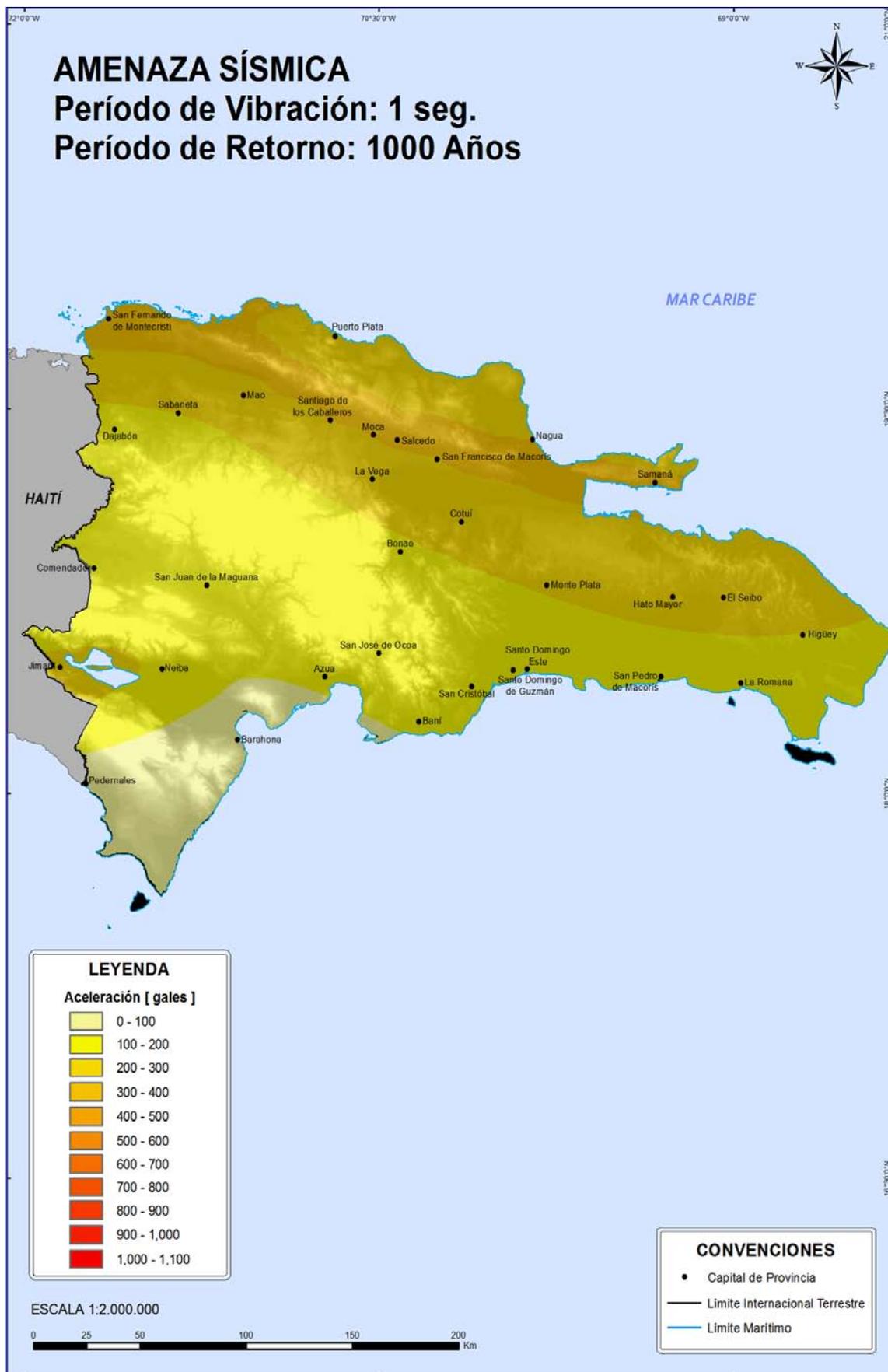
Mapa 14 Período de vibración: 1.0 seg, período de retorno 200 años



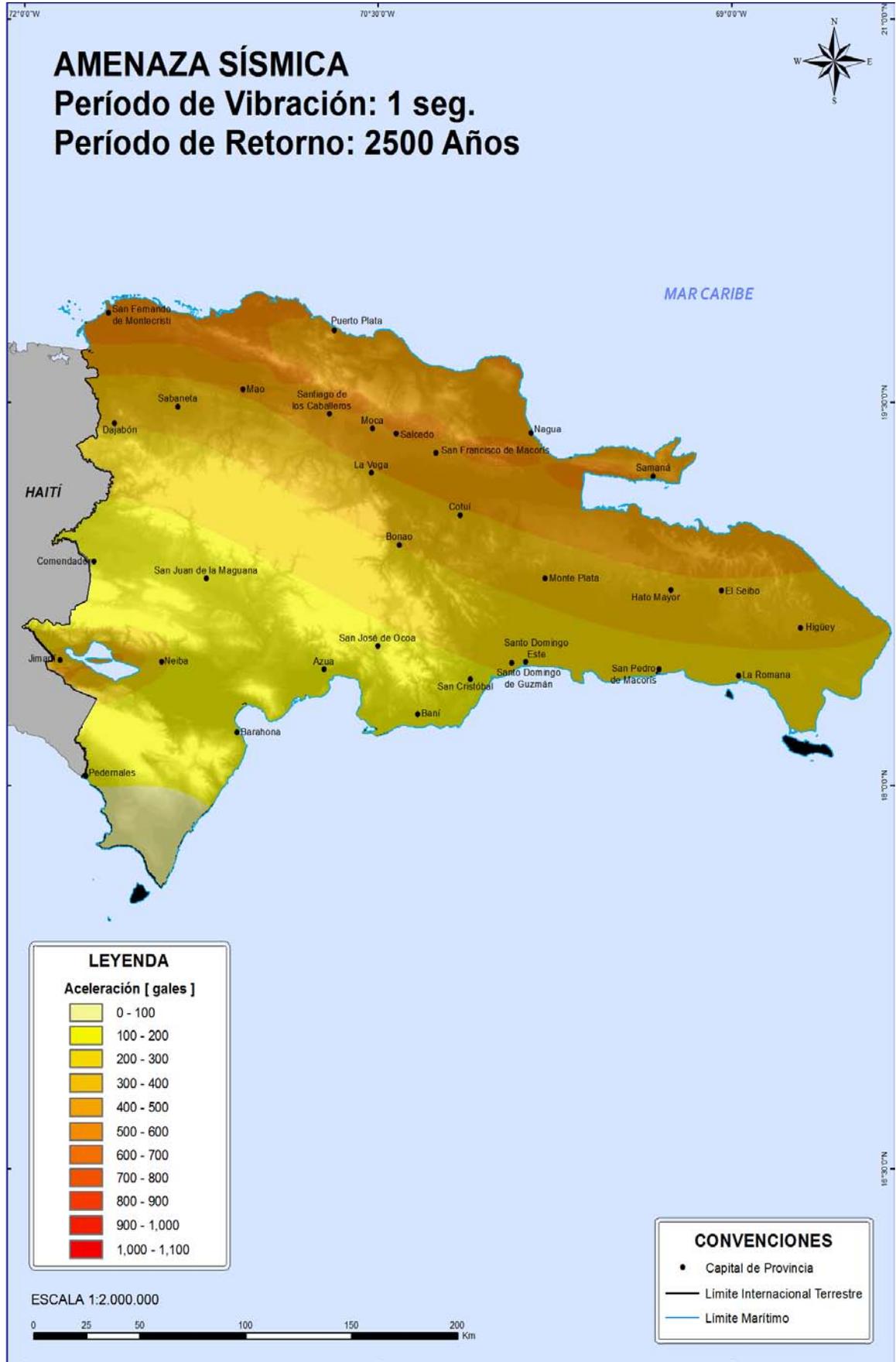
Mapa 15 Período de vibración: 1.0 seg, período de retorno 475 años



Mapa 16 Período de vibración: 1.0 seg, período de retorno 1,000 años



Mapa 17 Período de vibración: 1.0 seg, período de retorno 2,500 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.

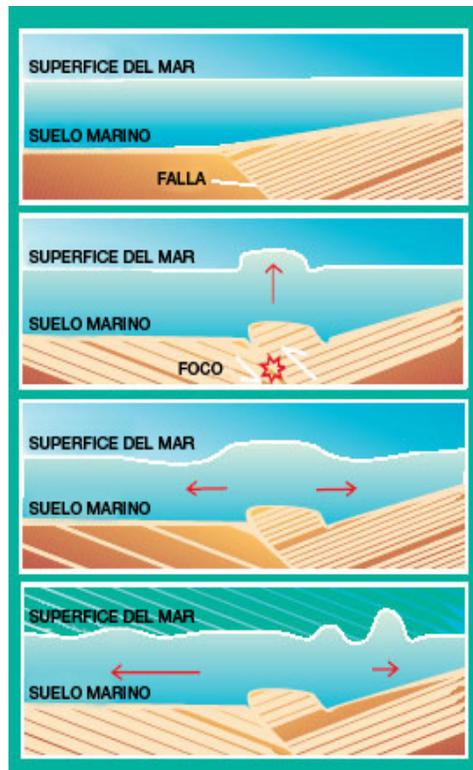


Figura 9 Formación de tsunamis

Fuente: <http://geo-rdn.blogspot.com/p/tsunamis.html>

## 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 ampliificaciones 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 tsunamis, 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 América Central 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 Japón en 2011  
<http://rs.resalliance.org/2011/03/13/japanese-earthquake-tsunami-from-above-and-below/>

### **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.

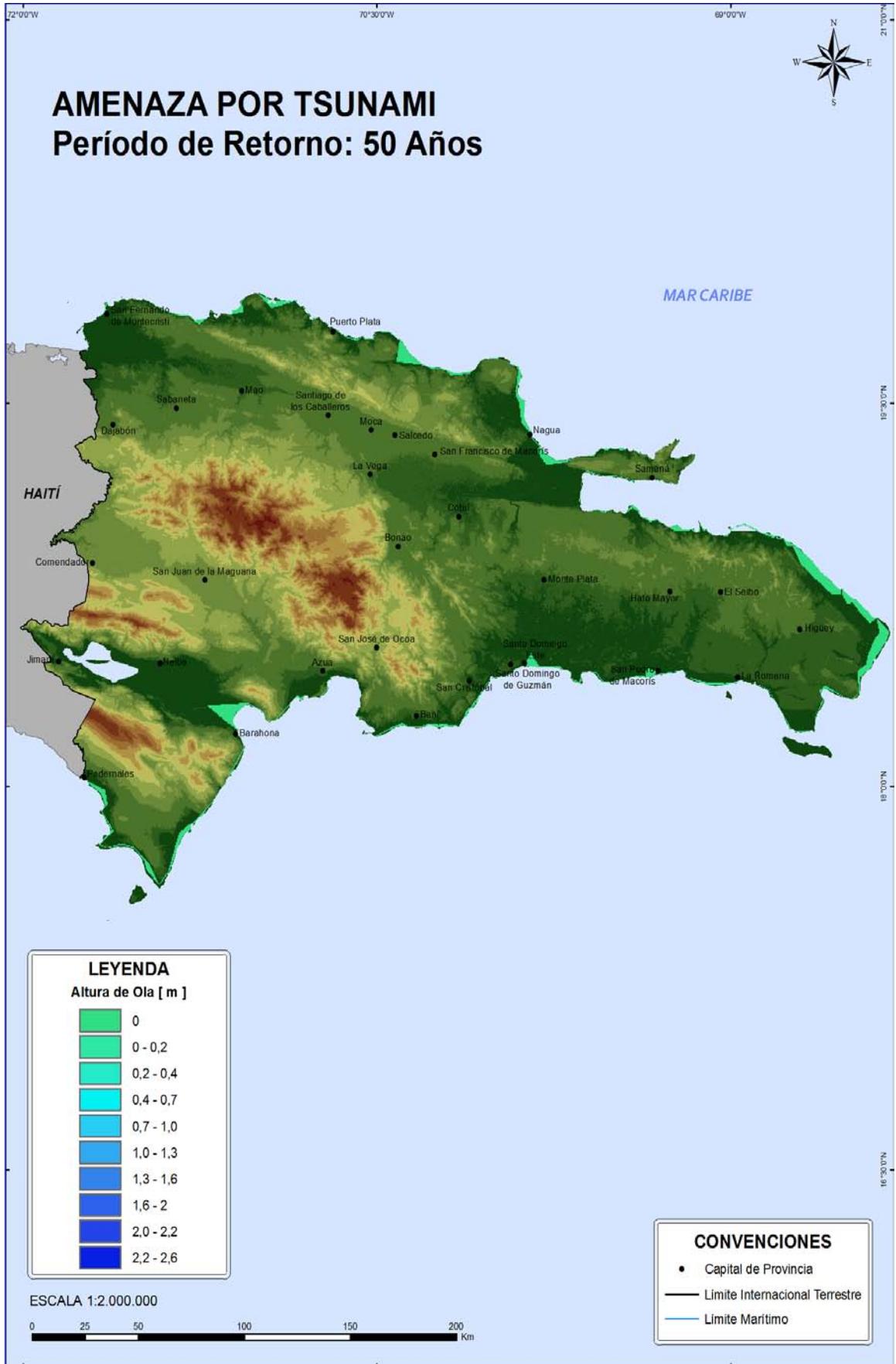
### **Tsunami de Japón 2011**

El 11 de Marzo de 2011, un sismo de magnitud 9.0 (Mw) sacudió la costa oriental de Honshu, 130 km al este de Sendai en Japón, generando un tsunami con olas de hasta 40.5 metros de altura, lo que produjo la muerte de más de 15,000 personas, más de 3,000 personas desaparecidas y cerca de 6,000 heridos. La situación se vió agravada por la crisis nuclear en la central de Fukushima generada a consecuencia del desastre natural. El Banco Mundial estimó las pérdidas económicas en US\$ 235 mil millones, haciéndolo el desastre natural más costoso de la historia.

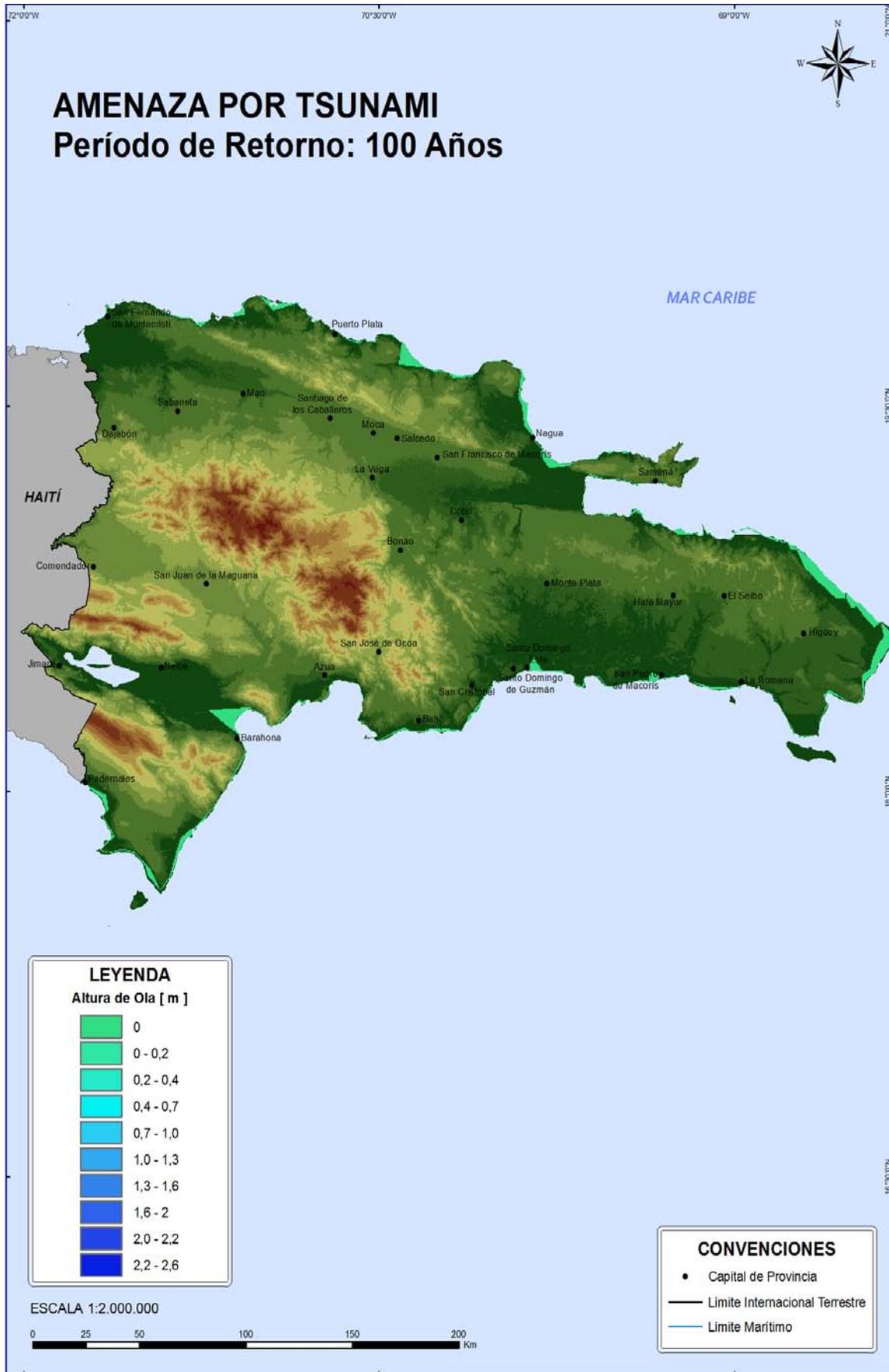
### **Mapas de amenaza tsunamigénica**

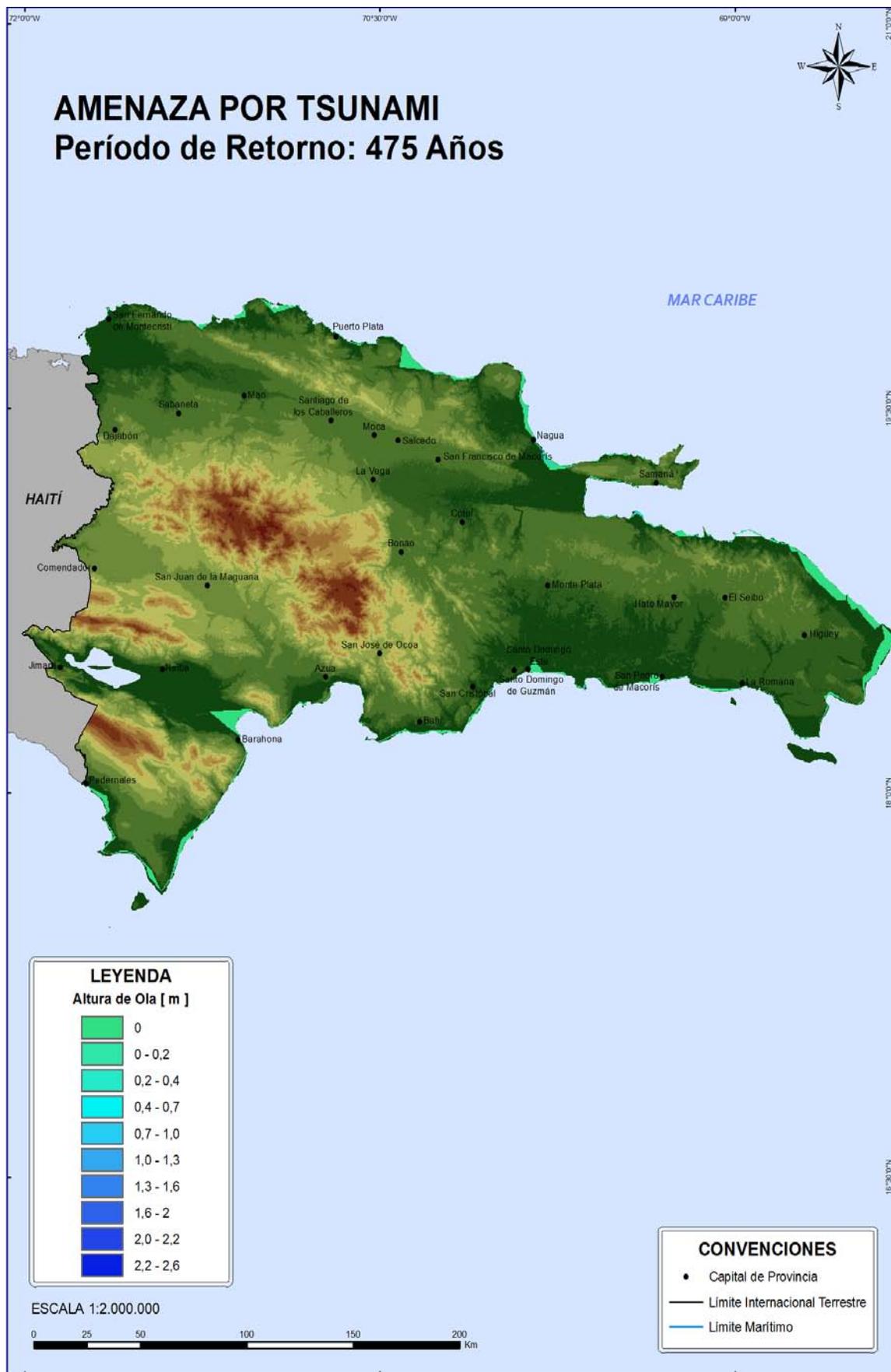
Los Mapas 18 a 21 presentan mapas de amenaza tsunamigénica probabilistas en términos de profundidad máxima de inundación para diferentes períodos de retorno, 50, 100, 475 y 1000 años.

Mapa 18 Amenaza tsunamigénica, período de retorno: 50 años

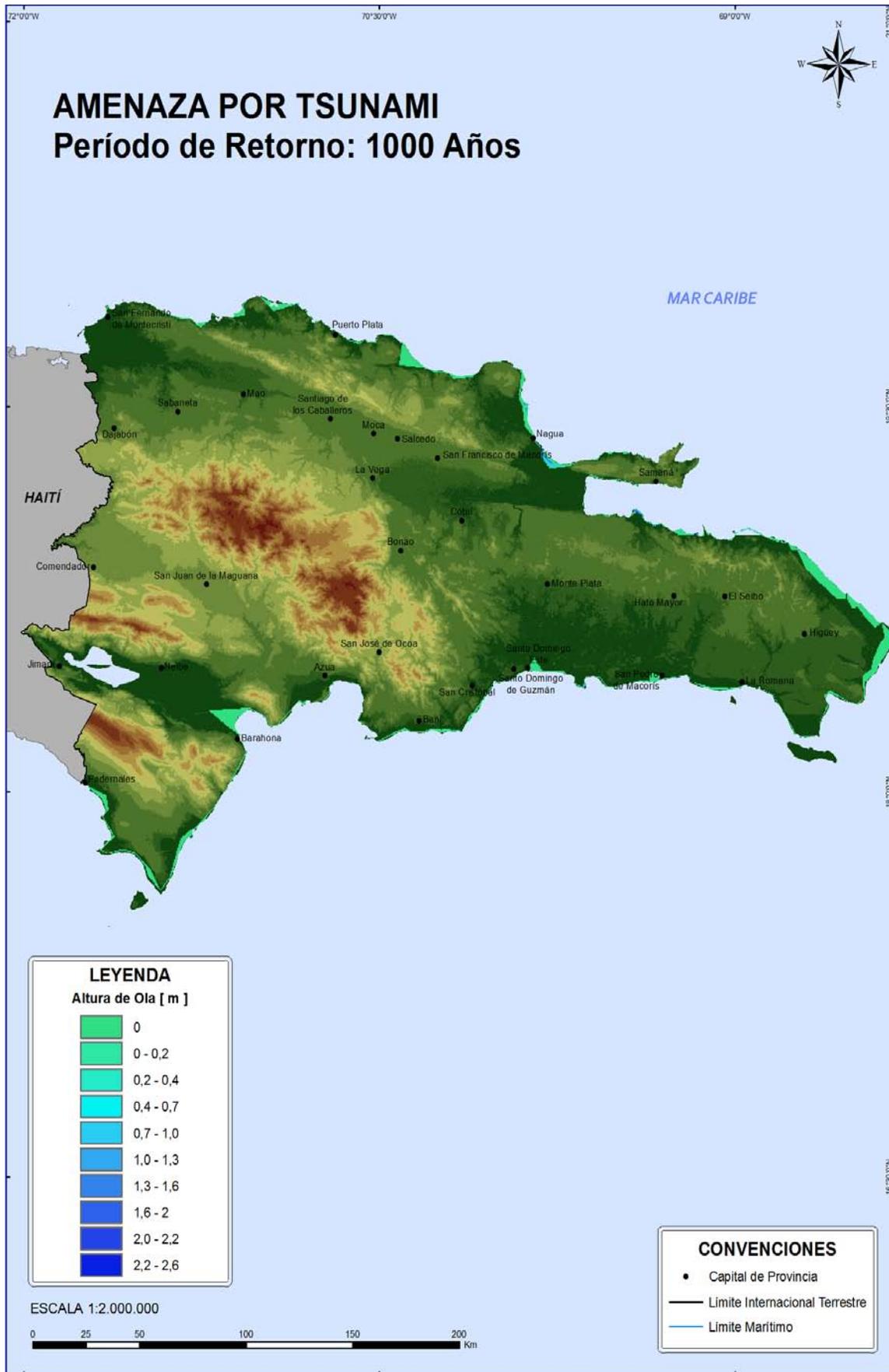


Mapa 19 Amenaza tsunamigénica, período de retorno: 100 años





Mapa 21 Amenaza tsunamigénica, período de retorno: 1,000 años



# 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 28°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 2 resume las categorías de ciclones tropicales de acuerdo con la escala Saffir-Simpson.

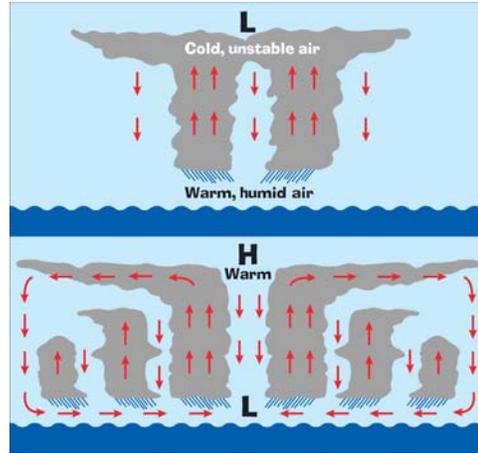


Figura 11 Esquema de formación de huracanes  
Fuente: <http://www.learnnc.org/lp/multimedia/2367>

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 2 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 la República Dominicana 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:

### **Huracán San Zenón (1930)**

El 3 de septiembre de 1930 el país fue atravesado por un huracán de categoría 4 en la escala Saffir-Simpson cuyo ojo céntrico cruzó la capital Santo Domingo dejando más de 2,000 muertos y 15,000 heridos lo que lo clasifica como el quinto huracán que más muertes ha causado en el Atlántico.

### **Huracán Hilda (1955)**

El huracán Hilda fue un huracán de categoría 3 en la escala Saffir-Simpson que durante 10 días, desde el 10 al 20 de septiembre de 1955, atravesó la parte norte de La Española generando altas precipitaciones e inundaciones en la República Dominicana.

### **Huracán Flora (1963)**

El huracán Flora alcanzó la categoría 4 en la escala Saffir-Simpson y atravesó la cuenca del Atlántico entre el 26 de septiembre y el 12 de octubre de 1963. Se desarrolló en la zona de convergencia intertropical y para el 29 de septiembre ya había alcanzado la escala de tormenta tropical. Debido a su movimiento lento generó intensas y prolongadas precipitaciones en territorio de la República Dominicana. La mayor intensidad de precipitación se reportó en Polo Barahona con más de 1,000 mm. El huracán generó impactos en áreas de cultivo que fueron prácticamente destruidas.

### **Huracán David (1979)**

El Huracán David que atravesó la cuenca del atlántico entre agosto 25 y septiembre 8 de 1979 ha sido el único huracán que ha atravesado la República Dominicana con una categoría de 5 en la escala Saffir-Simpson. Es uno de los huracanes que con mayor intensidad ha impactado el país y el que más muertes ha producido desde el huracán San Zenón en 1930. Generó lluvia torrencial durante el paso por el país lo que resultó en desbordamiento masivo de ríos los cuales llevaron a su paso poblaciones enteras y además por los daños generados en la infraestructura otras quedaron aisladas.

### **Huracán Hortense (1996)**

El huracán Hortense alcanzó la categoría 4 en la escala Saffir-Simpson y estuvo atravesando la cuenca del atlántico entre el 3 y 16 de septiembre de 1996. En la República Dominicana se registró precipitación de más de 500 mm y el daño por viento se encontró localizado en la parte nororiental del país. Adicionalmente se registró un alto nivel de marea de tormenta, con registros máximos del orden de 9 pies, que dejó como saldo 3 personas muertas y más de 20 desaparecidas.

### **Huracán Georges (1998)**

El huracán Georges fue el cuarto huracán de la temporada de 1998 atravesando la cuenca del atlántico durante el 15 de septiembre y el 1 de octubre. Alcanzó la categoría 4 en la escala Saffir-Simpson aunque durante su paso por la República Dominicana tenía una categoría 3. En la República Dominicana el huracán trajo a su paso vientos fuertes, lluvias intensas y marea de tormenta moderada. Se presentaron deslizamientos y desbordamiento de ríos en varias poblaciones en la costa sur, incluyendo la ciudad capital Santo Domingo. Como resultado del paso de este evento por el país, 438 personas fueron confirmadas como muertas y más de 150,000 sin vivienda.

### **Huracán Dean (2007)**

El huracán Dean fue la tormenta tropical más intensa de la temporada de 2007 que atravesó la cuenca del atlántico entre el 13 y 23 de agosto. El ciclón tocó tierra en la República Dominicana el 18 de agosto con fuerza de tormenta tropical afectando principalmente la parte suroriental del país. Afectó el complejo turístico de Punta Cana así como el malecón de la ciudad capital Santo Domingo.

### **Huracán Noel (2007)**

Noel fue el sexto huracán de la temporada de 2007 y atravesó la cuenca del atlántico entre el 28 de octubre y el 2 de noviembre teniendo en su pico de intensidad la categoría 1 en la escala Saffir-Simpson. Dentro de la zona del Caribe, La Española fue uno de los sitios más afectados con numerosas inundaciones y deslizamientos. En la República Dominicana la mayor acumulación de precipitación se registró

en Padre las Casas con más de 500 mm. La lluvia intensa generó inundaciones a lo largo de la isla que en algunas ocasiones sirvieron de evento detonante para deslizamientos. Las inundaciones averiaron 24,500 viviendas de las cuales se estima que alrededor de 6,000 quedaron totalmente destruidas.

### **Tormenta tropical Olga (2007)**

La tormenta tropical Olga fue la quinceava de la temporada del 2007 y se desarrolló entre el 11 y 13 de diciembre una vez había concluido la temporada de huracanes del atlántico norte. Tuvo una trayectoria similar a la de la tormenta tropical Noel un mes antes. República Dominicana se vió altamente afectada por el paso de esta tormenta y se registraron 37 fallecidos donde la mitad se debieron a la operación de unas compuertas en un embalse en la Provincia de Santiago.

## Mapas de amenaza

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

- Viento huracanado
- Lluvia huracanada
- Inundación por lluvia huracanada
- Marea de tormenta

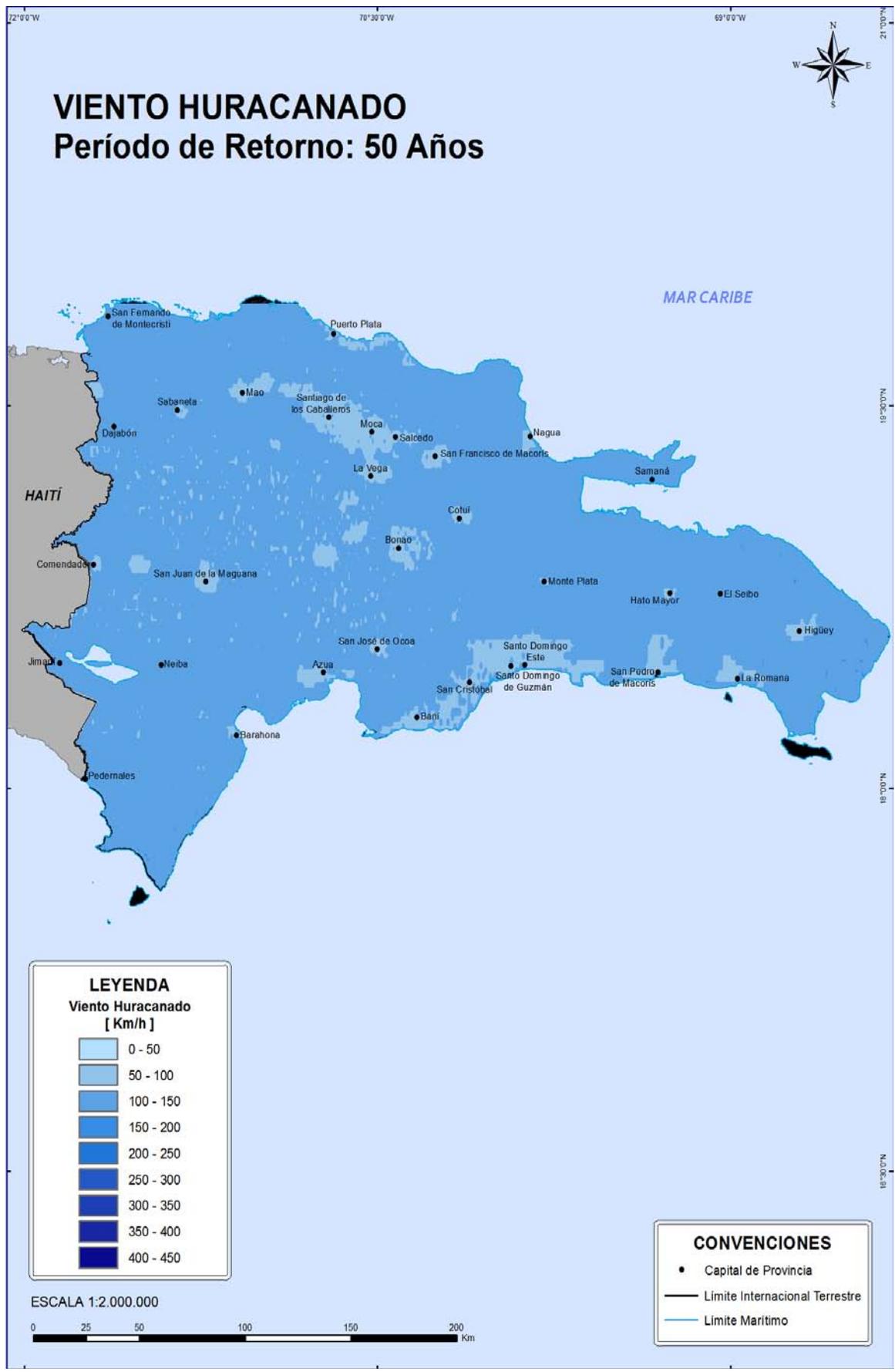
Los Mapas 22 a 25 presentan mapas de amenaza por viento huracanado probabilistas en términos de velocidad del viento para diferentes períodos de retorno, 50, 100, 500 y 1,000 años.

Los Mapas 26 a 29 presentan mapas de amenaza por lluvia huracanada probabilistas en términos de precipitación por hora para diferentes períodos de retorno, 50, 100, 500 y 1,000 años.

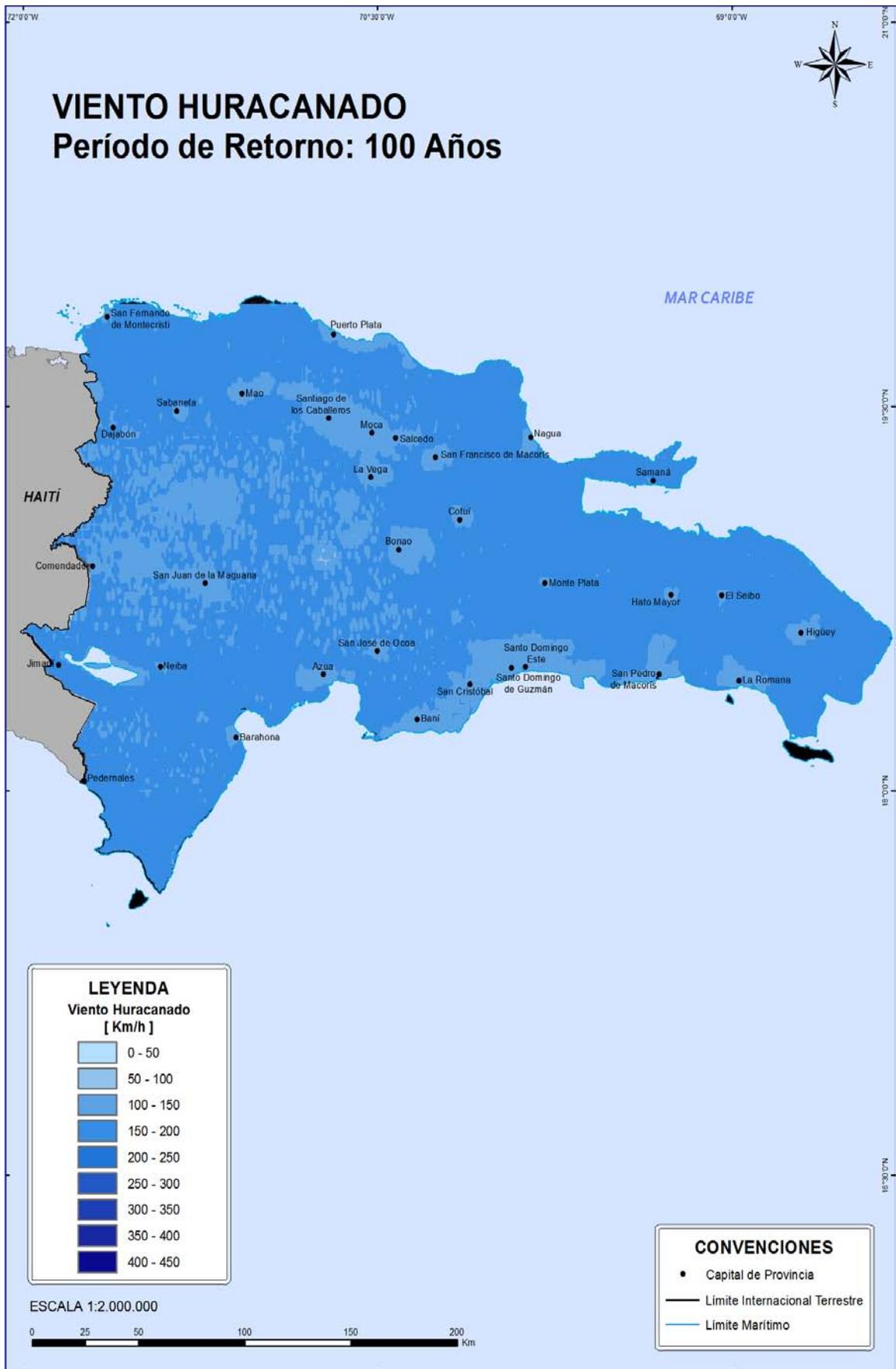
Los Mapas 30 a 33 presentan mapas de amenaza por marea de tormenta probabilistas en términos de altura de la ola para diferentes períodos de retorno, 50, 100, 500 y 1,000 años.

Los Mapas 34 a 37 presentan mapas de amenaza por inundación por lluvia huracanada en términos de profundidad de inundación para diferentes períodos de retorno, 50, 100, 500, y 1,000 años.

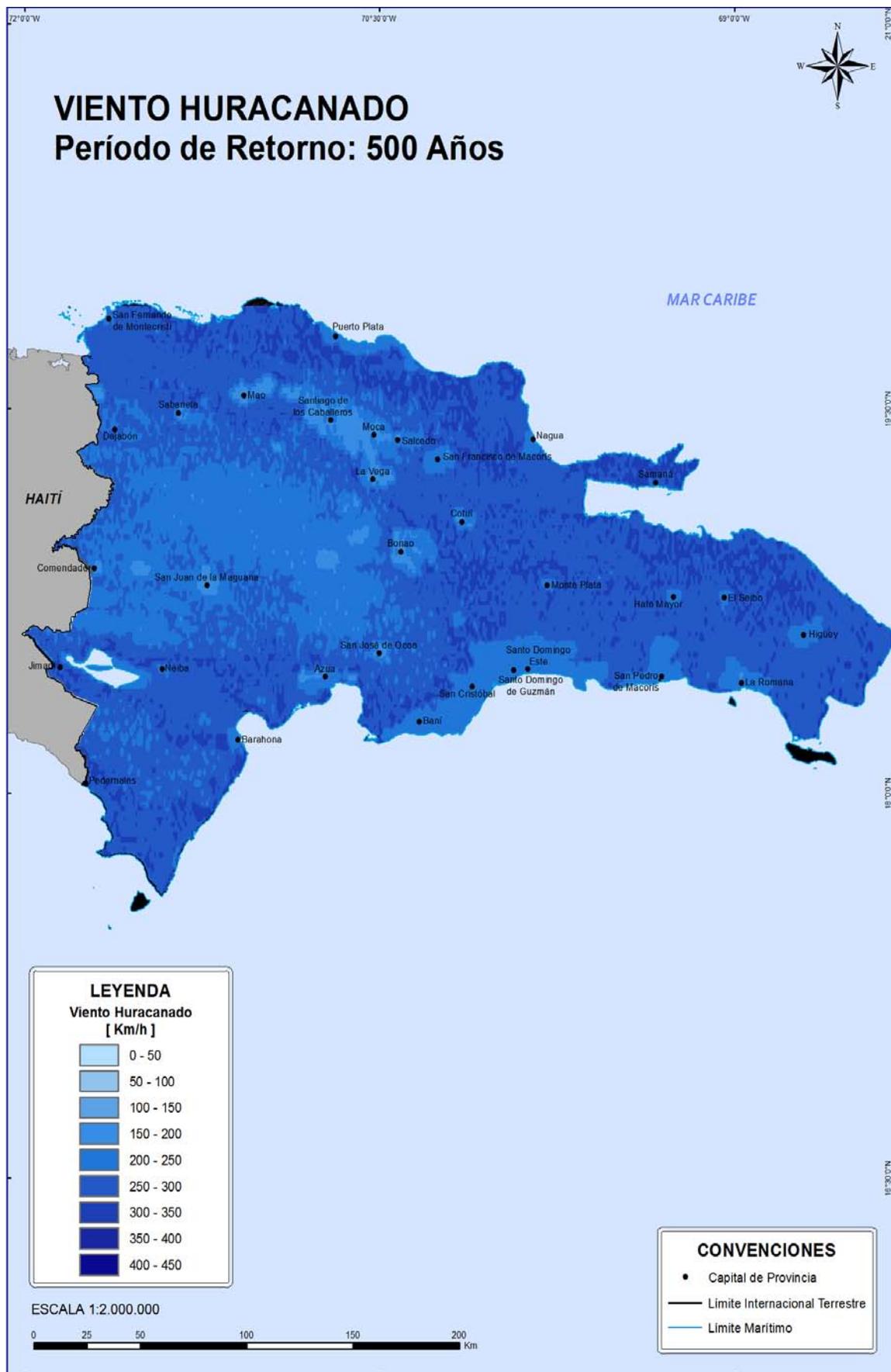
Mapa 22 Velocidad del viento, período de retorno: 50 años

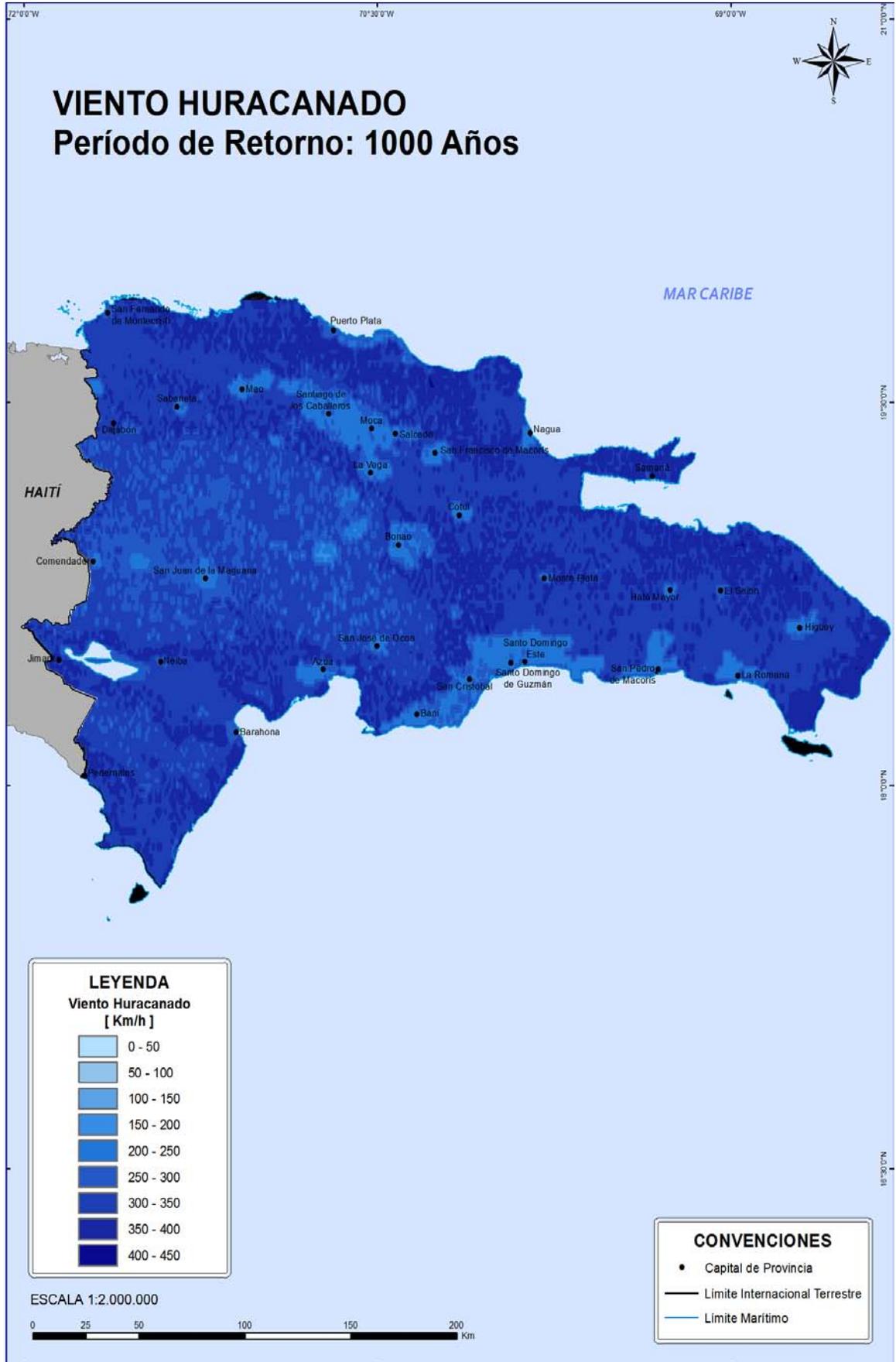


Mapa 23 Velocidad del viento, período de retorno: 100 años

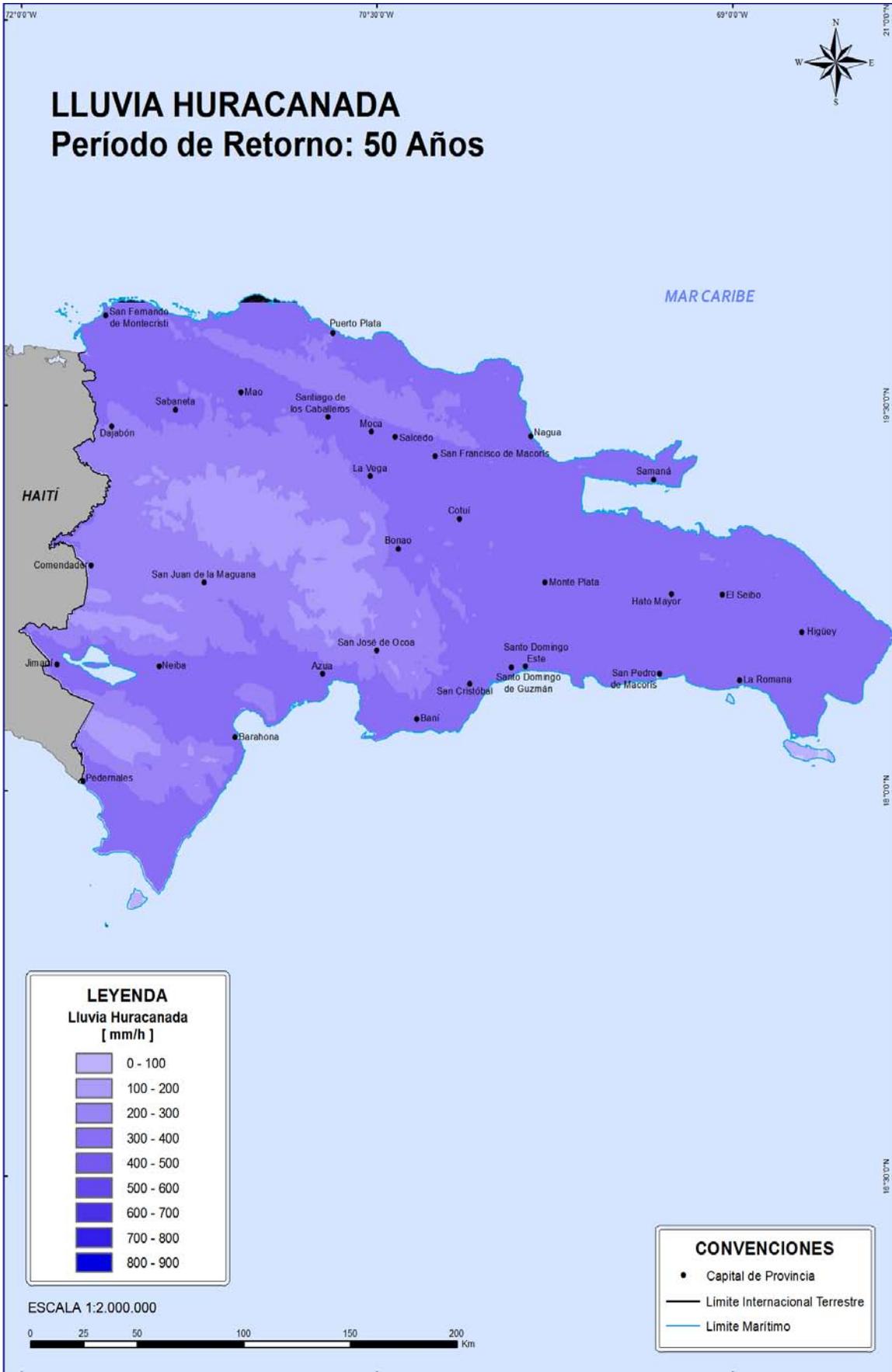


Mapa 24 Velocidad del viento, período de retorno: 500 años

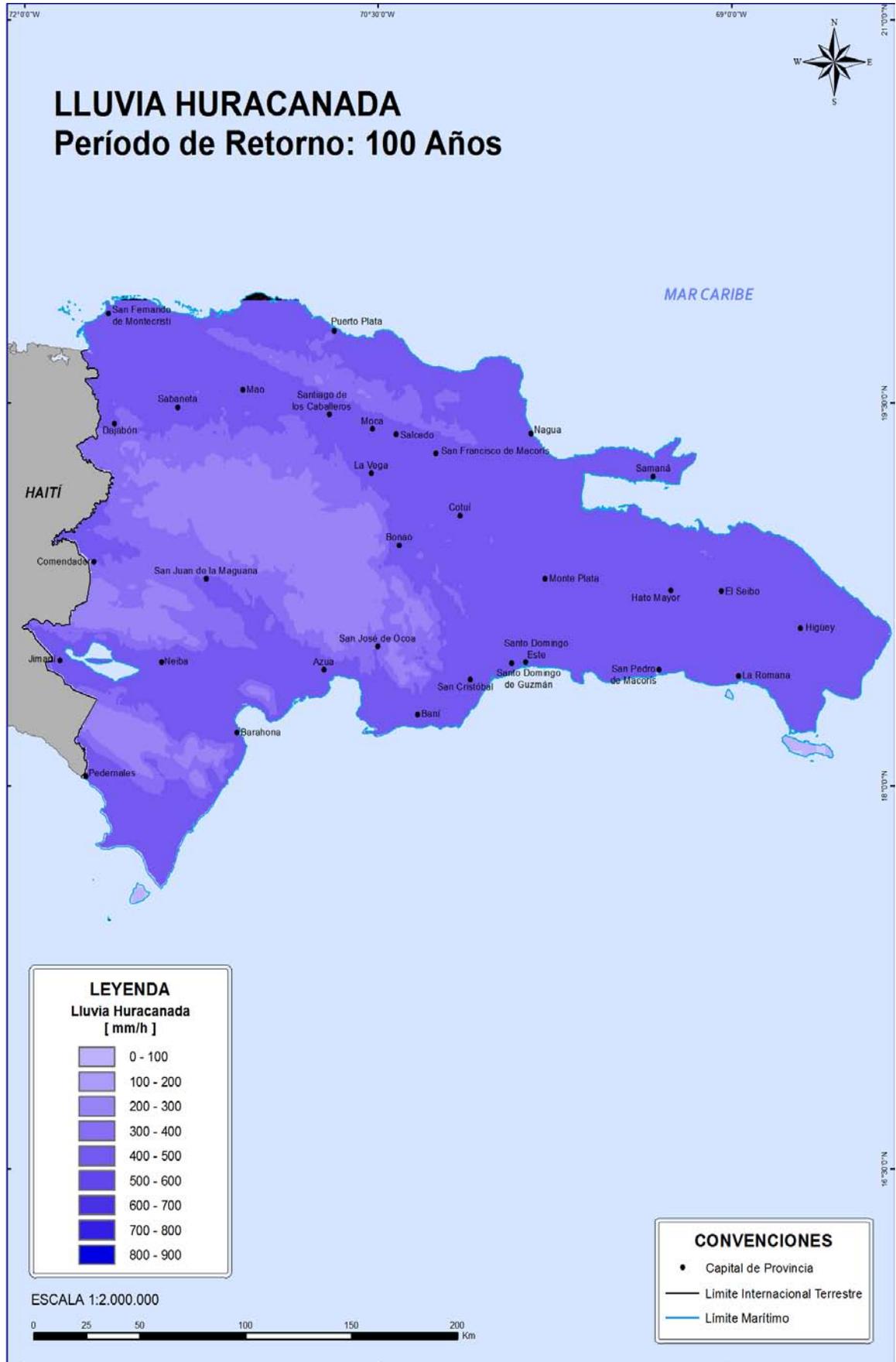




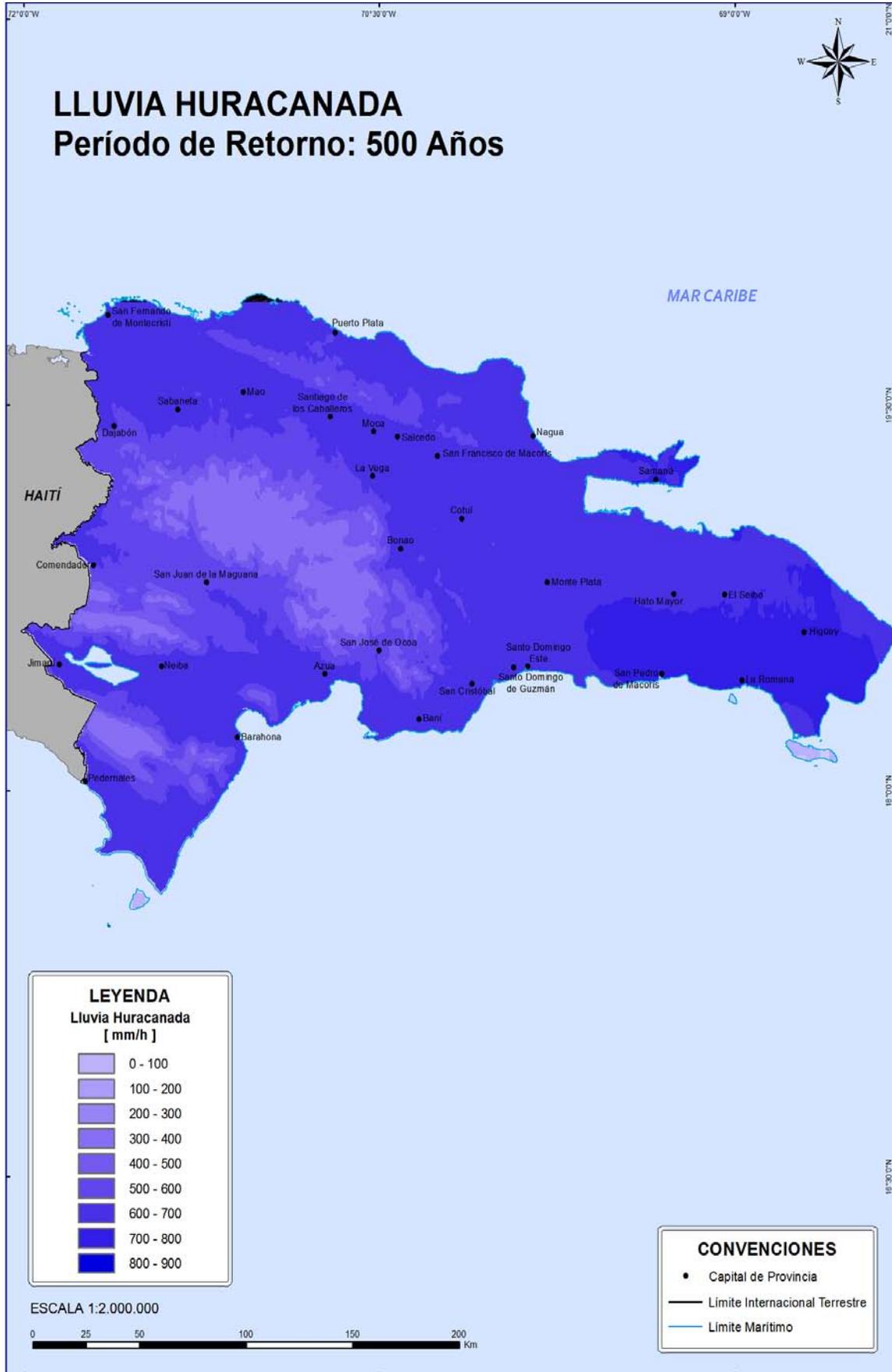
Mapa 26 Lluvia por huracán, período de retorno: 50 años



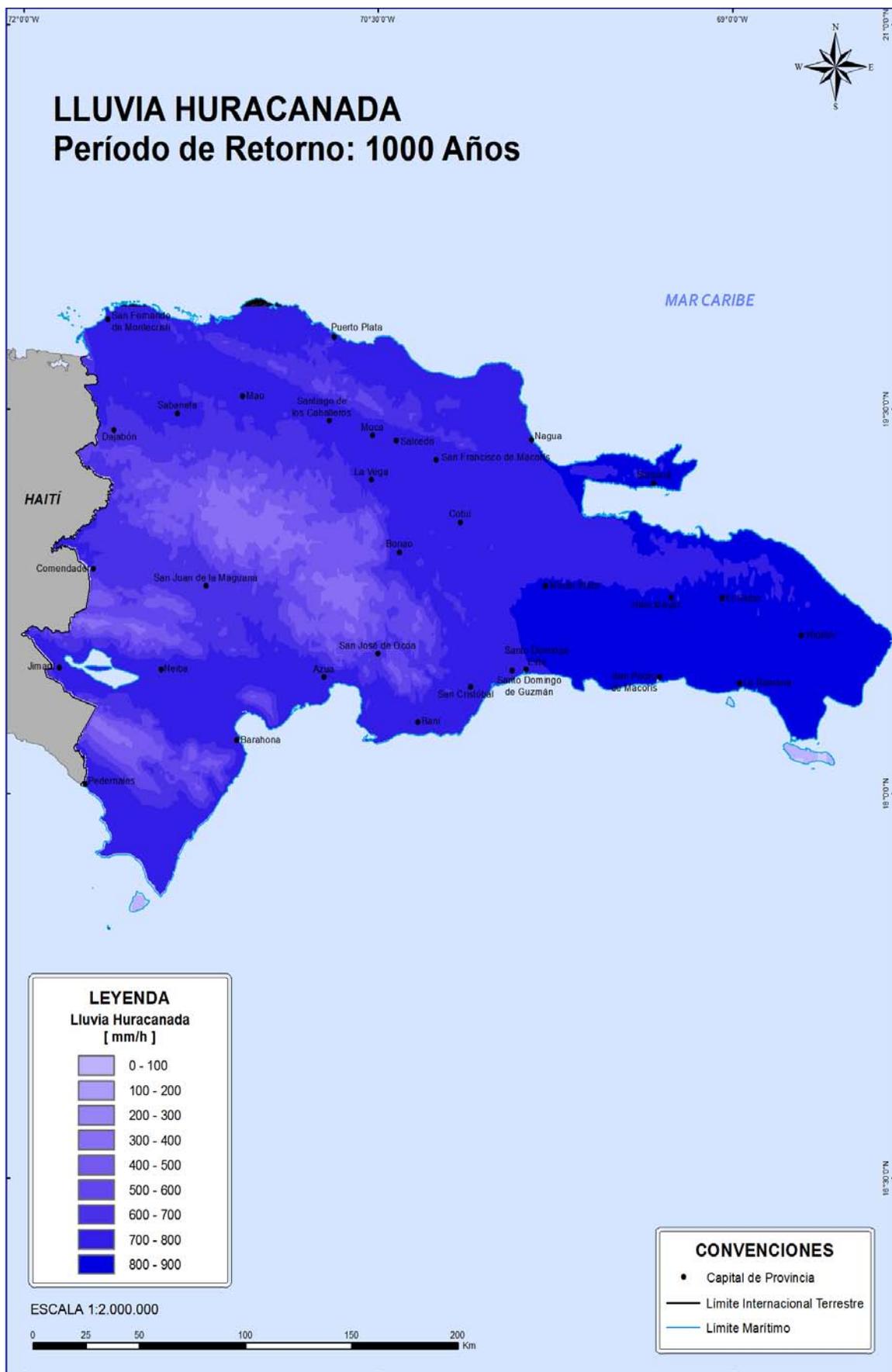
Mapa 27 Lluvia por huracán, período de retorno: 100 años



Mapa 28 Lluvia por huracán, período de retorno: 500 años



Mapa 29 Lluvia por huracán, período de retorno: 1,000 años

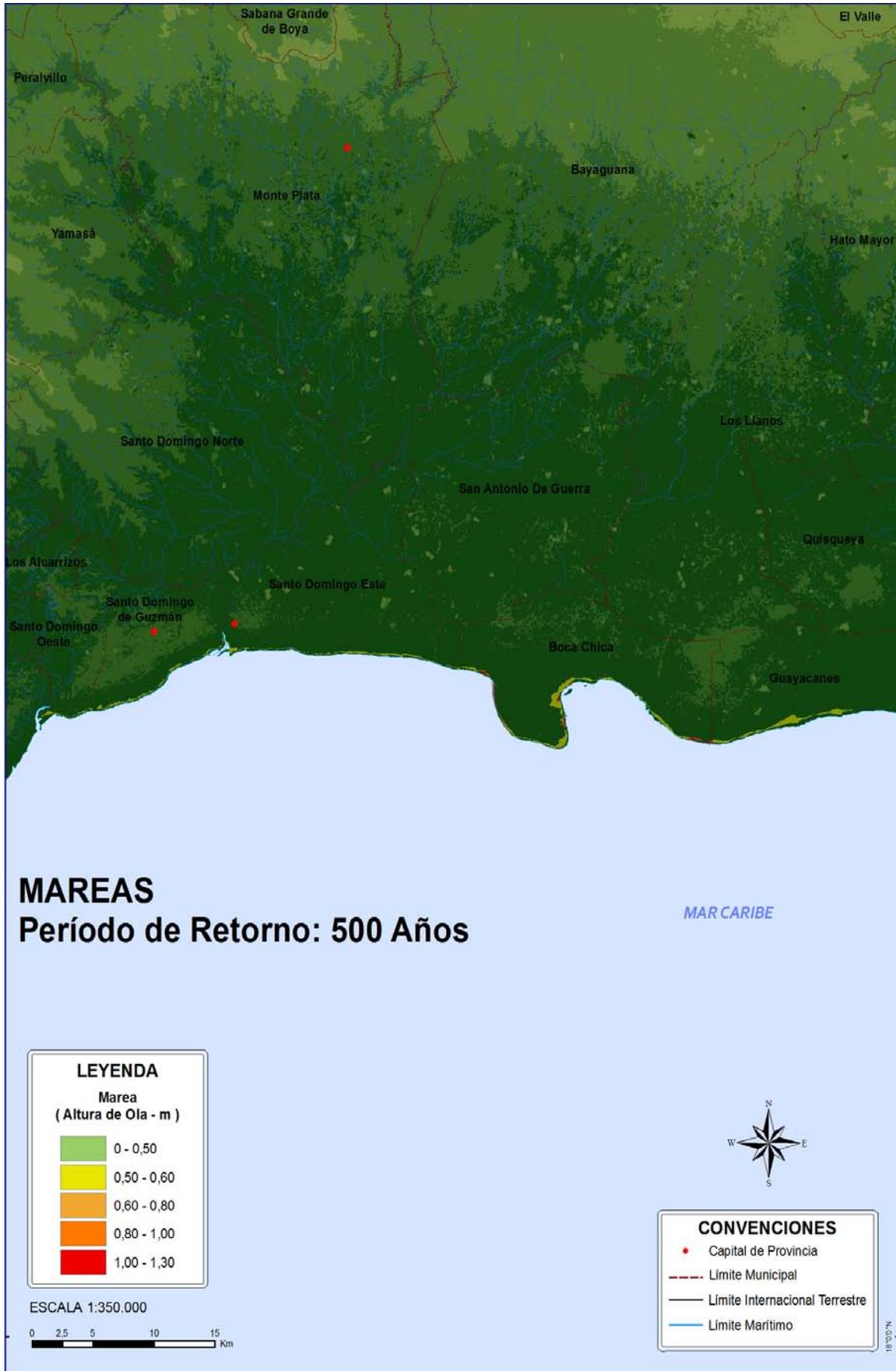


Mapa 30 Marea de tormenta, período de retorno: 50 años





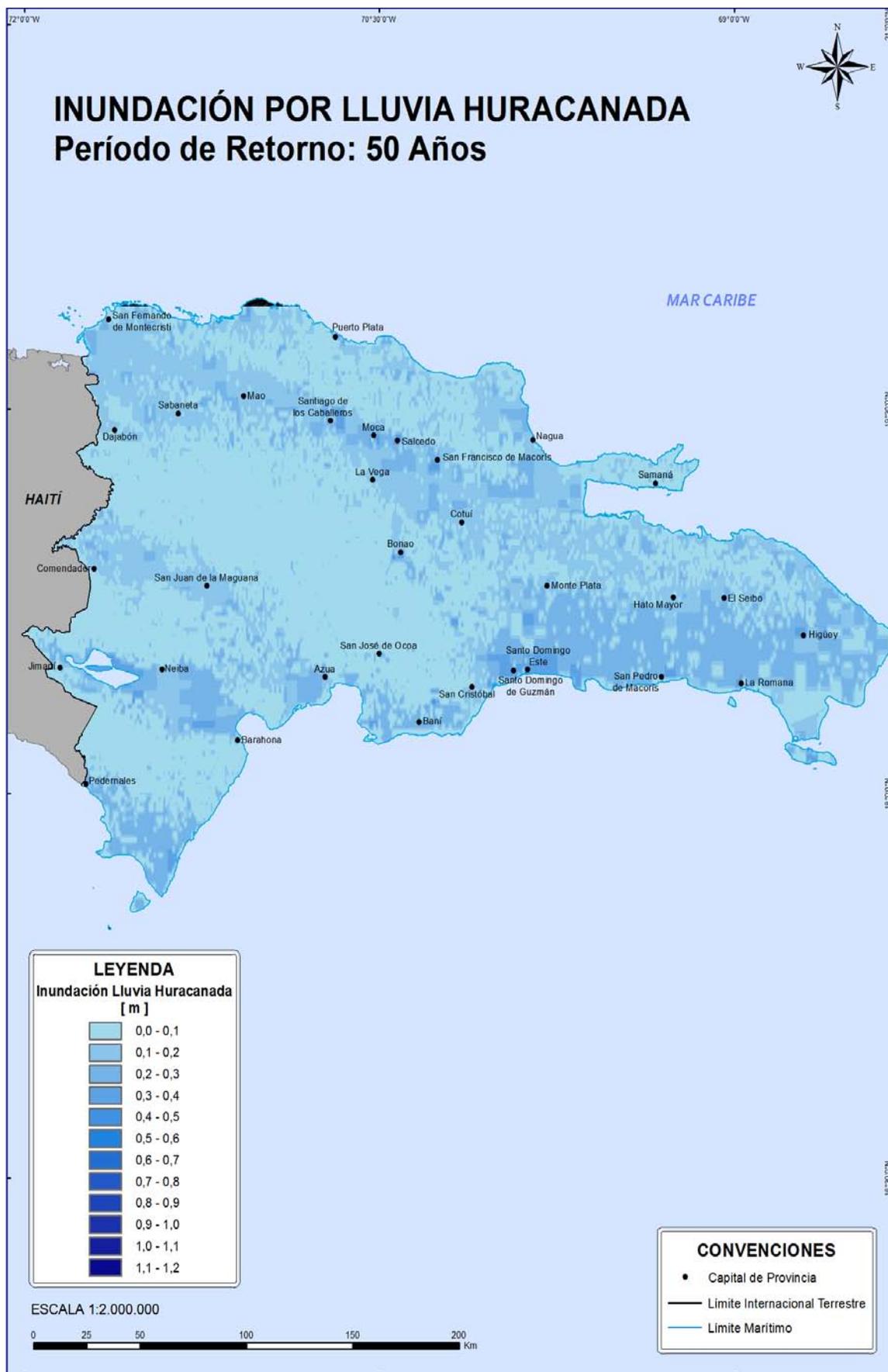
Mapa 32 Marea de tormenta, período de retorno: 500 años



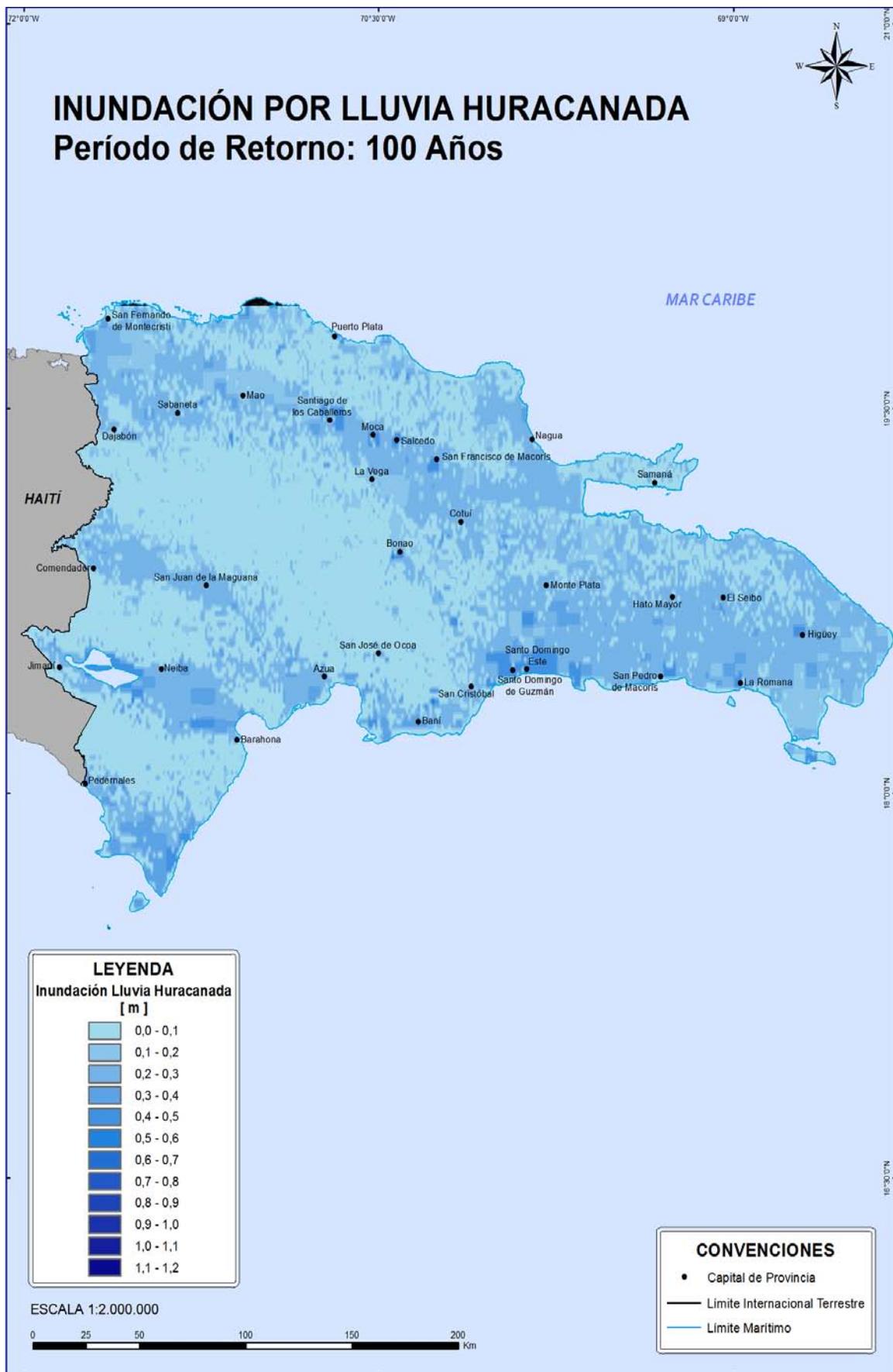
Mapa 33 Marea de tormenta, período de retorno: 1,000 años



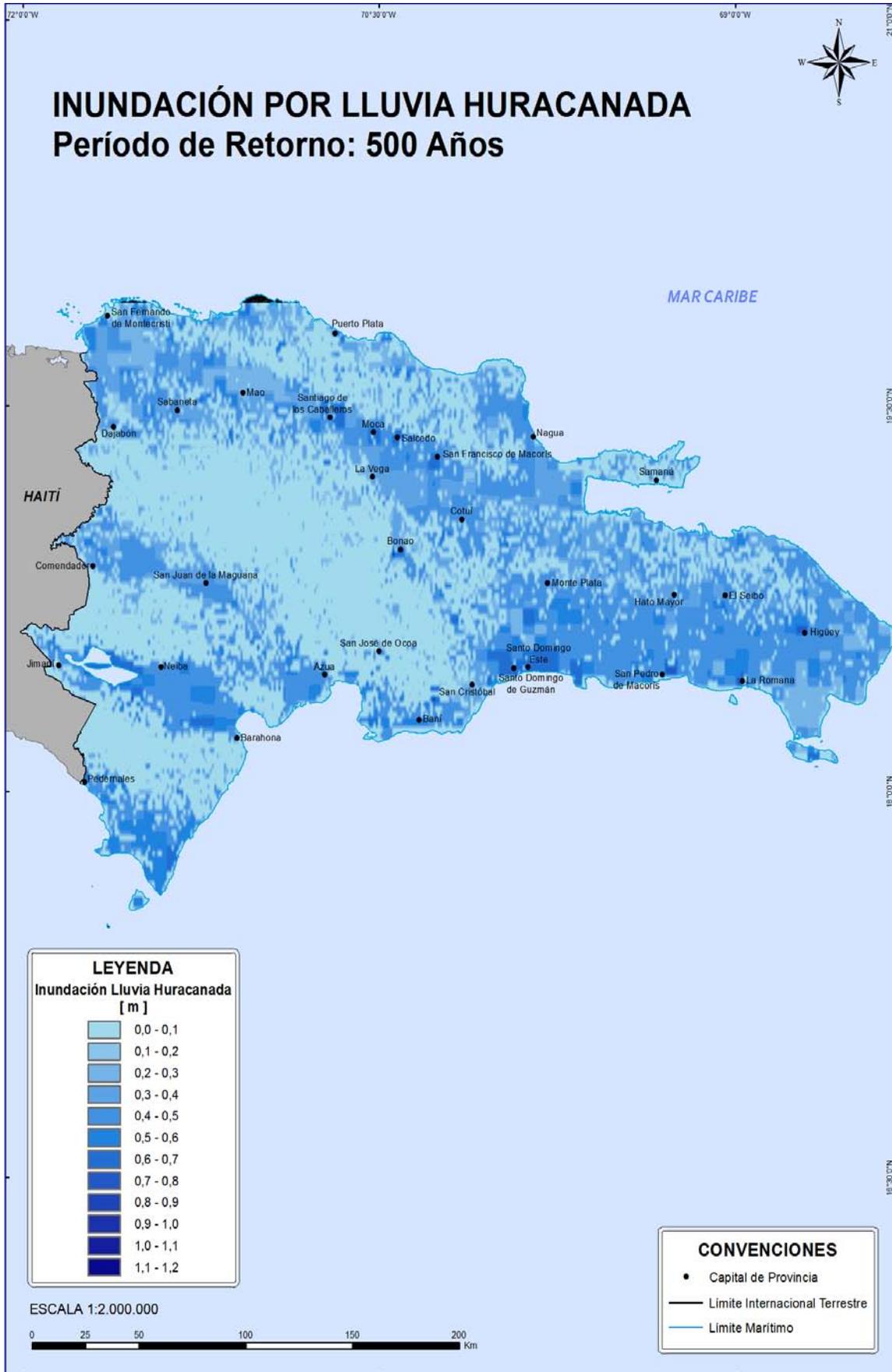
Mapa 34 Inundación por lluvia huracanada, período de retorno: 50 años



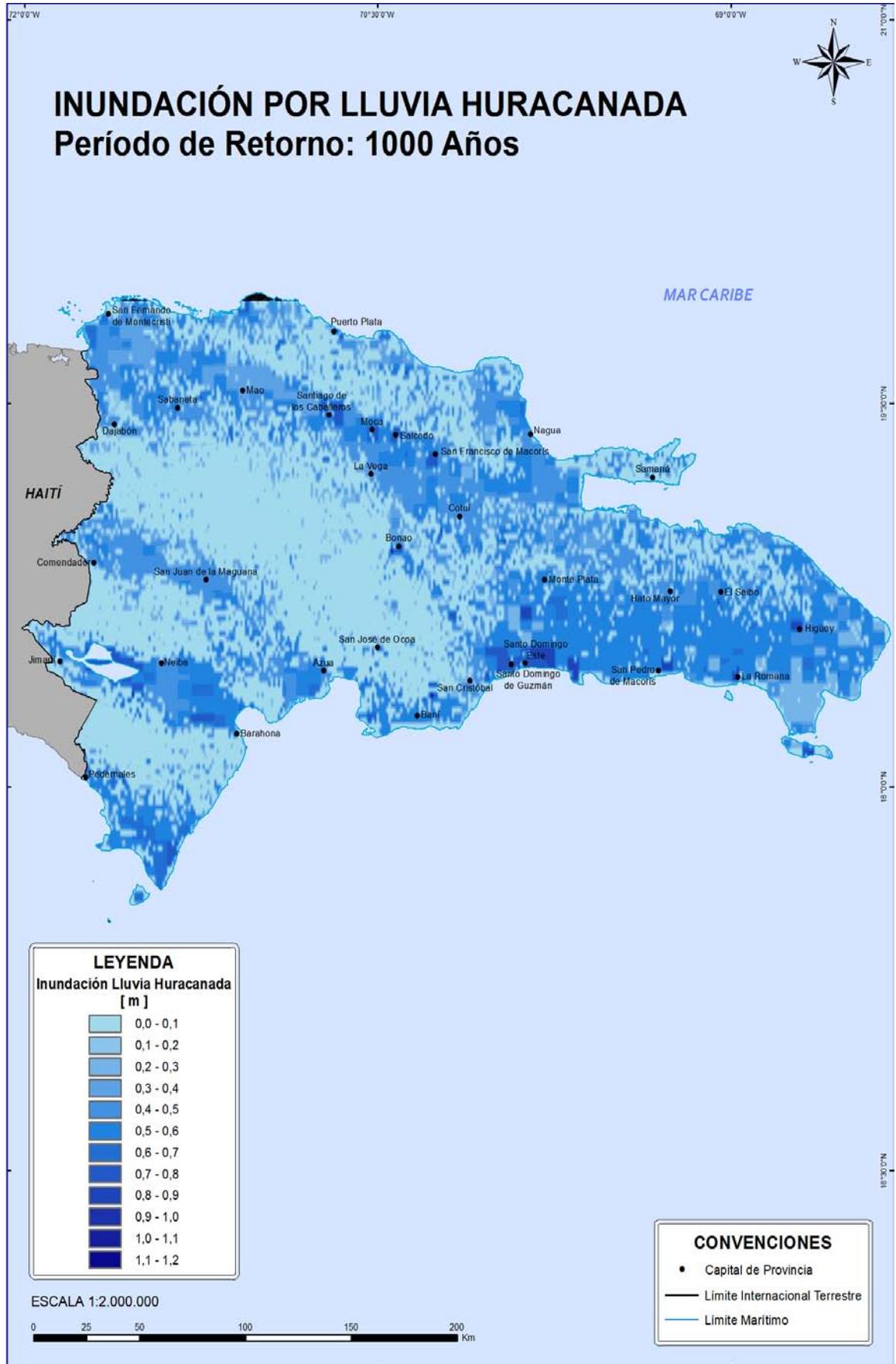
Mapa 35 Inundación por lluvia huracanada, período de retorno: 100 años



Mapa 36 Inundación por lluvia huracanada, período de retorno: 500 años



Mapa 37 Inundación por lluvia huracanada, período de retorno: 1,000 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 la República Dominicana

En República Dominicana se presentan tres temporadas de lluvias. La temporada frontal está asociada a los vientos alisios que vienen del mar cargados de humedad y se ven obligados a ascender al encontrar el obstáculo de las montañas generando lluvias precisamente en la zona frontal de la montaña. Se presenta generalmente de noviembre a abril.

Durante la temporada convectiva, que va desde mayo hasta julio, se producen lluvias por el ascenso del aire caliente cargado de humedad. Por último, la temporada ciclónica que empieza en agosto y finaliza en octubre coincide con la temporada del paso de ciclones y la lluvia que cae en el sur de la cordillera Central está precisamente asociada con el paso de huracanes u ondas alisias.

La precipitación media anual en el país es de aproximadamente 1,500 mm. Varía

desde 2,500 mm en las zonas más lluviosas como los frentes de los sistemas montañosos, hasta 600-900 mm en el noroeste del país y 700-400 mm en el suroeste del país. La región más lluviosa es la zona de los Haitises.

La Figura 12 presenta las curvas PADF para la cuenca Yaque del Norte para diferentes períodos de retorno.

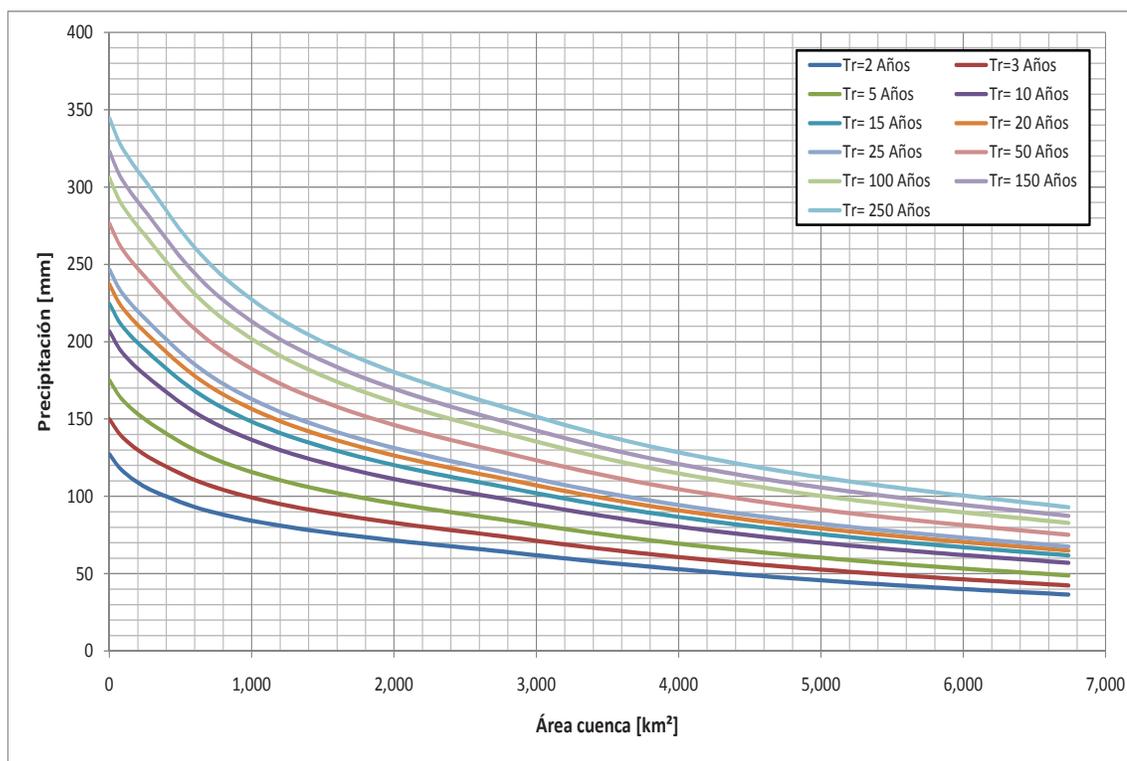


Figura 12 Curvas Precipitación-Área-Duración-Frecuencia (PADF) cuenca Yaque para diferentes períodos de retorno

## 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 la República Dominicana

### **Cuencas**

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 áreas vecinas. La frontera de las cuencas se define a partir de los puntos con mayor altitud que circundan el área de captación.

Dentro de la República Dominicana es posible identificar 60 cuencas hidrográficas. Las más importantes del país nacen de la cordillera Central, como son la cuenca Yaque Norte (con una superficie de 7,000 km<sup>2</sup> es la cuenca más grande del país), la cuenca Yuna (la segunda más grande del país con un área de aprox. 5,500 km<sup>2</sup>), la cuenca Yaque Sur (que tiene un área aprox. De 5,000 km<sup>2</sup>) y la cuenca Ozama (es por su tamaño la cuarta del país).

La cuenca del río Artibonito representa el mayor sistema fluvial de la isla La Española aunque sólo una parte se encuentra dentro de la República Dominicana, y de no menor importancia es la cuenca del lago Enriquillo, que tiene una superficie de 3,000 km<sup>2</sup>.

### **Ríos**

En La República Dominicana los ríos más largos e importantes del país nacen en la cordillera Central. Entre ellos se encuentran el río Yaque del Norte, que tiene una longitud de 296 km y es considerado el más largo e importante del país, el río Yaque del Sur, que desemboca en el mar Caribe, el río Yuna que es considerado el más caudaloso del país y desemboca en la bahía de Samaná, el río Ozama que atraviesa la ciudad de Santo Domingo y el río Artibonito que tiene su nacimiento en territorio dominicano y desemboca en el golfo de Gonaive en Haití.

### **Lagos**

La República Dominicana es un país que no cuenta con un número considerable de masas de agua, sin embargo se destaca el Lago Enriquillo, que se ubica al pie de la Sierra de Baoruco y que constituye el punto de menor elevación en el país, con 44 metros por debajo del nivel del mar. La extensión de esta masa de agua es de aproximadamente 265 kilómetros cuadrados.

También son importantes las lagunas Redonda y Limón, ubicadas en el noroeste del país en la llanura entre la cordillera Oriental y el Océano Atlántico, y la laguna de Oviedo que está ubicada en la provincia de Pedernales y tiene una superficie de 28 kilómetros cuadrados.

## Eventos históricos relevantes

A continuación se hace un breve recuento de los principales eventos históricos asociados a fenómenos de inundaciones en República Dominicana. Las siguientes, son las inundaciones asociadas con el paso de huracanes y por lluvias intensas.

### **Inundaciones de noviembre de 2003**

En la etapa final de la temporada de huracanes de 2003 un sistema frontal generó intensas precipitaciones que generaron extensas inundaciones en la zona baja de la cuenca de los ríos Yaque del Norte y Yuna. Las inundaciones generaron pérdidas considerables en el sector agrícola y ganadero así como daños considerables en la infraestructura de las poblaciones de Santiago y Los Peñados.

### **Inundaciones de Tamboril (2005)**

La crecida del Río Licey de manera rápida afectó la población de Tamboril; las lluvias se encontraban asociadas a una zona de presiones bajas relacionadas con la décima tormenta tropical de la temporada del 2005. El día 22 de agosto debido a las altas precipitaciones se provocaron crecidas rápidas en los ríos Guazumal, Gurabo Biojó, Canca la Piedra, Tambó, Nigua y Boca del Licey que se salieron del cauce y generaron daños importantes en viviendas e infraestructura vial.

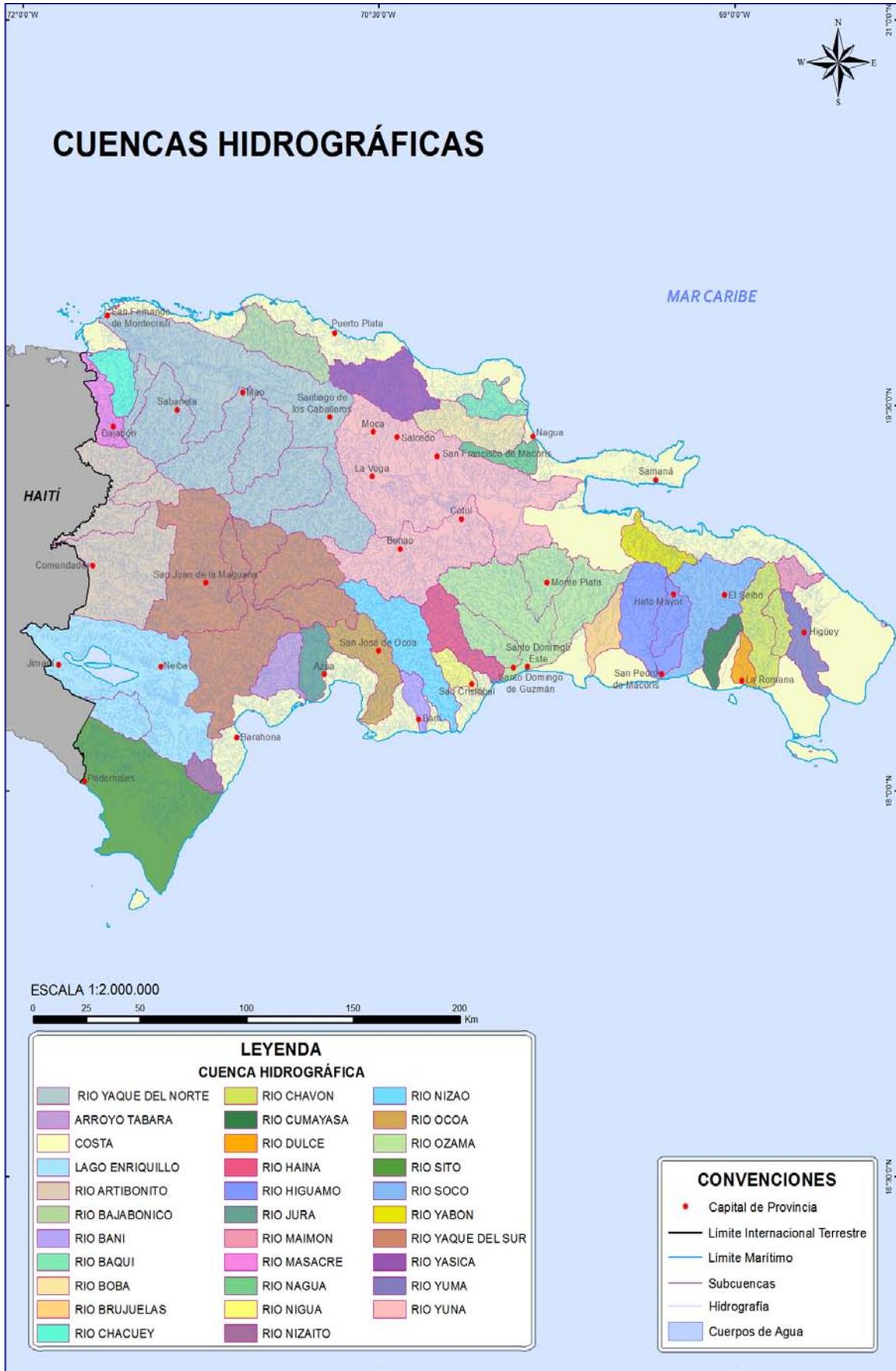
### **Crecida en La Jaiba (2005)**

En octubre de 2005 debido a un sistema frontal que se encontró asociado al paso del huracán Wilma, a pesar de estar hacia el norte de la Florida, se produjo una creciente del arrollo El Valle localizado en la población de La Jaiba ocasionando la muerte de seis personas.

### **Crecida del Lago Enriquillo (2009)**

Desde el año 2007 con el paso de diversas tormentas tropicales de la temporada se empezó a presentar el fenómeno de aumento de nivel en el Lago Enriquillo lo que sumado al aumento de nubosidad durante el año 2008 y menor nivel de evaporación llevó a un aumento considerable de la superficie del lago lo que afectó considerablemente el área aledaña que principalmente tenía uso agrícola y ganadero.

Mapa 38 Cuencas hídricas de la República Dominicana



# Un territorio expuesto y vulnerable

## Población

La población total de la República Dominicana según el IX Censo de Población y Vivienda del 2010 es de 9,445,281 habitantes y está compuesta por un 50.2% de hombres y un 49.8% de mujeres. La tasa intercensal de crecimiento de población medida entre el Censo de 2000 y el de 2010 es de 1.21%, la cual ha sido menor que las tasas de crecimiento medidas en los intervalos de tiempo de censos anteriores, mostrando desaceleración en el crecimiento de la población del país.

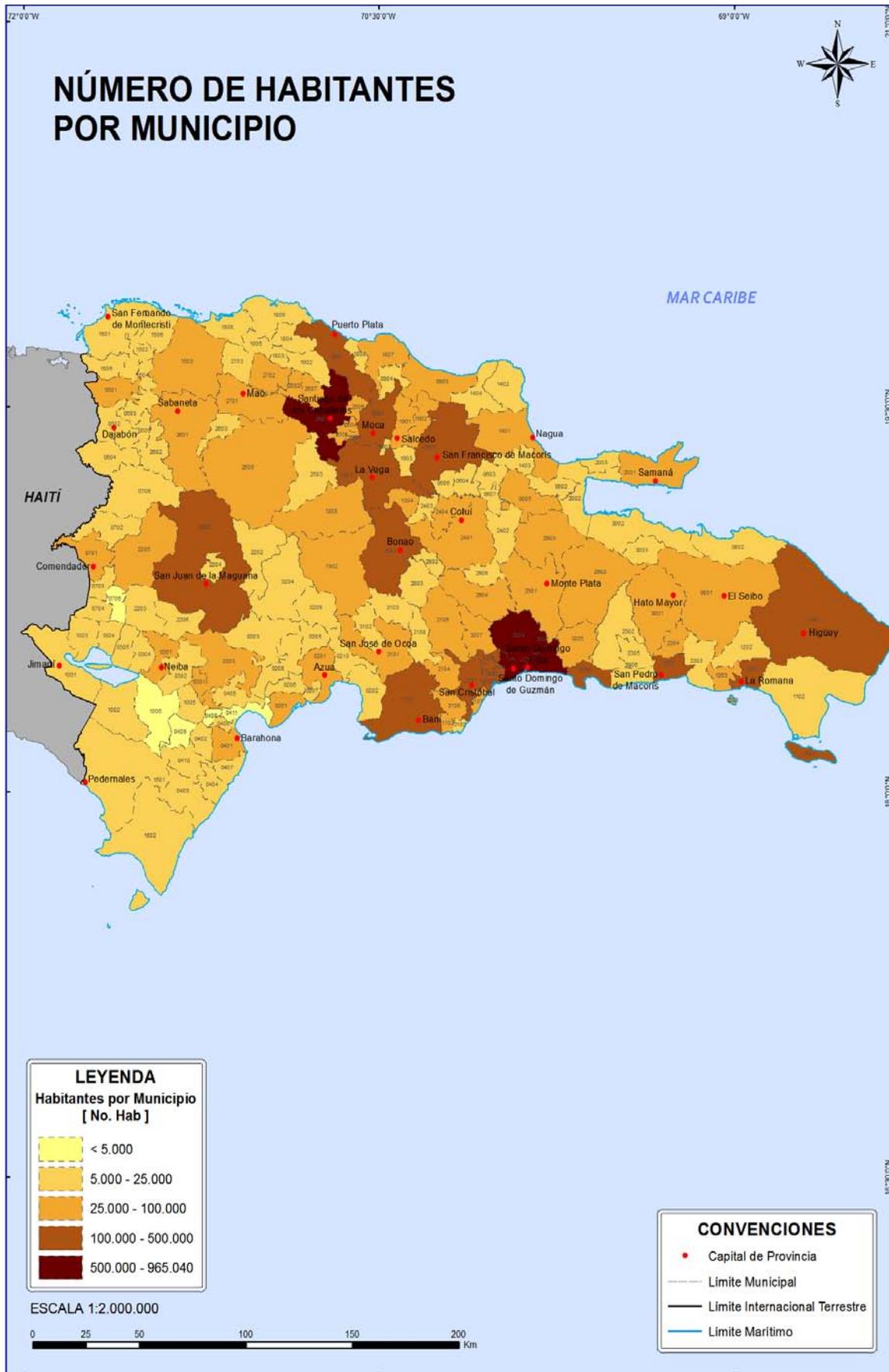
La población urbana corresponde al 74% de la población, mientras que la población rural es tan solo el 26% de la población total de la República Dominicana. De la población total, el 30% corresponde a niños y adolescentes (de 0 a 14 años), el 64% a jóvenes y adultos (de 15 a 64 años) y el 6% a adultos mayores (de más de 65 años). Las provincias que presentan mayor densidad de población son Santo Domingo, el Distrito Nacional, Santiago, y le siguen San Cristóbal, La Vega y Puerto Plata.

La ciudad más poblada es el Distrito Nacional, capital del país, con un total de 965,040 habitantes. El segundo municipio más poblado es Santo Domingo Este con 948,885 habitantes y le sigue Santiago de Los Caballeros con 691,262.<sup>1</sup>

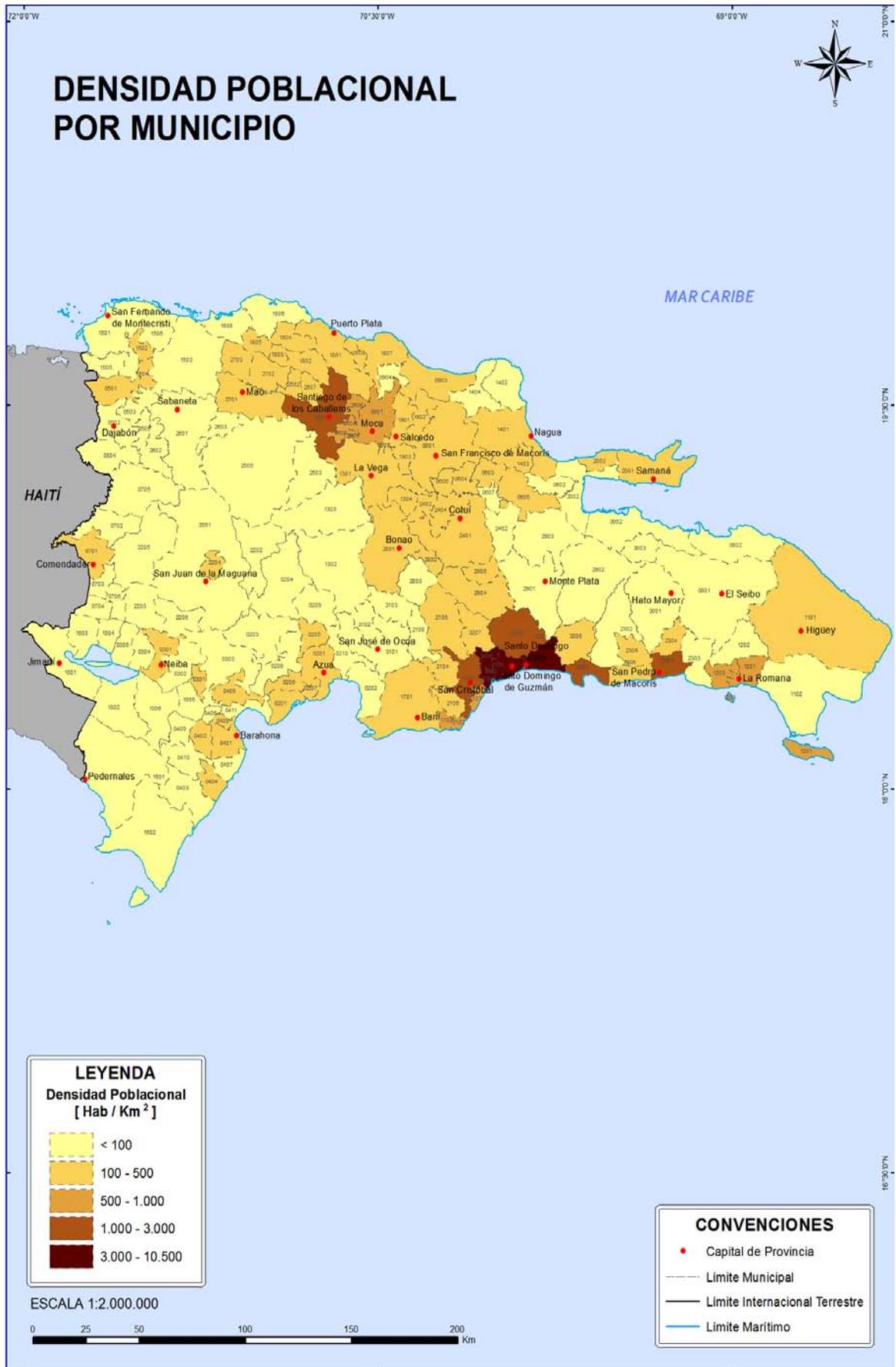
---

<sup>1</sup> Valores de población tomados de IX Censo Nacional de Población y Vivienda 2010. Volumen III. Características demográficas básicas.

Mapa 39 Distribución de la población en la República Dominicana



Mapa 40 Densidad poblacional en la República Dominicana



## 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

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.

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:

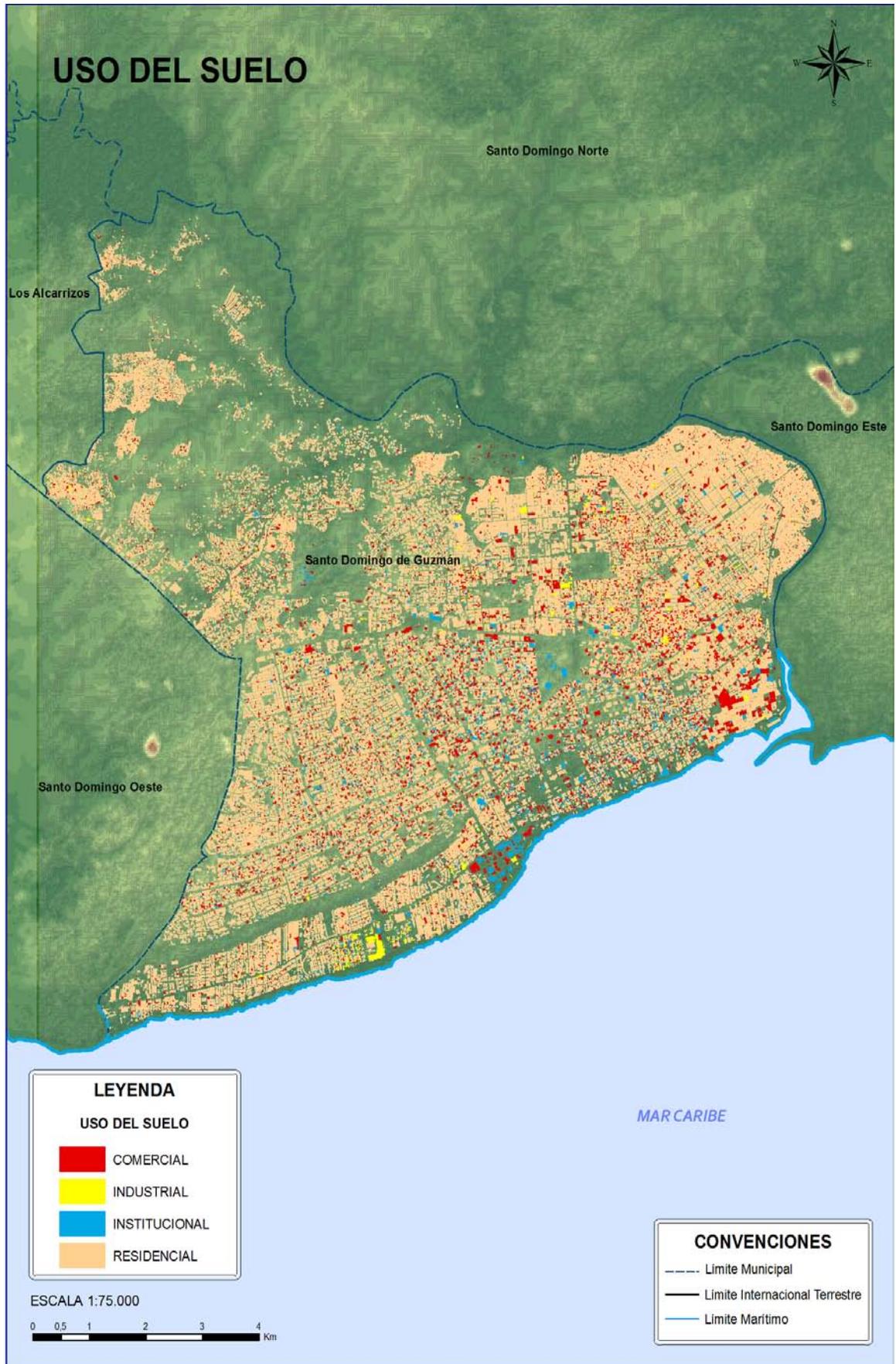
- Número de sistema
- Nombre del sistema
- Número del componente
- Nombre del componente
- Descripción
- Ubicación geográfica, a través de mapas en formato Shape (puntos, polilíneas o polígonos).
- Tipo de suelo
- Número de pisos
- Área de construcción
- Uso predominante
- Tipo constructivo
- Fecha de 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
- Información de funciones de vulnerabilidad por tipo de amenaza

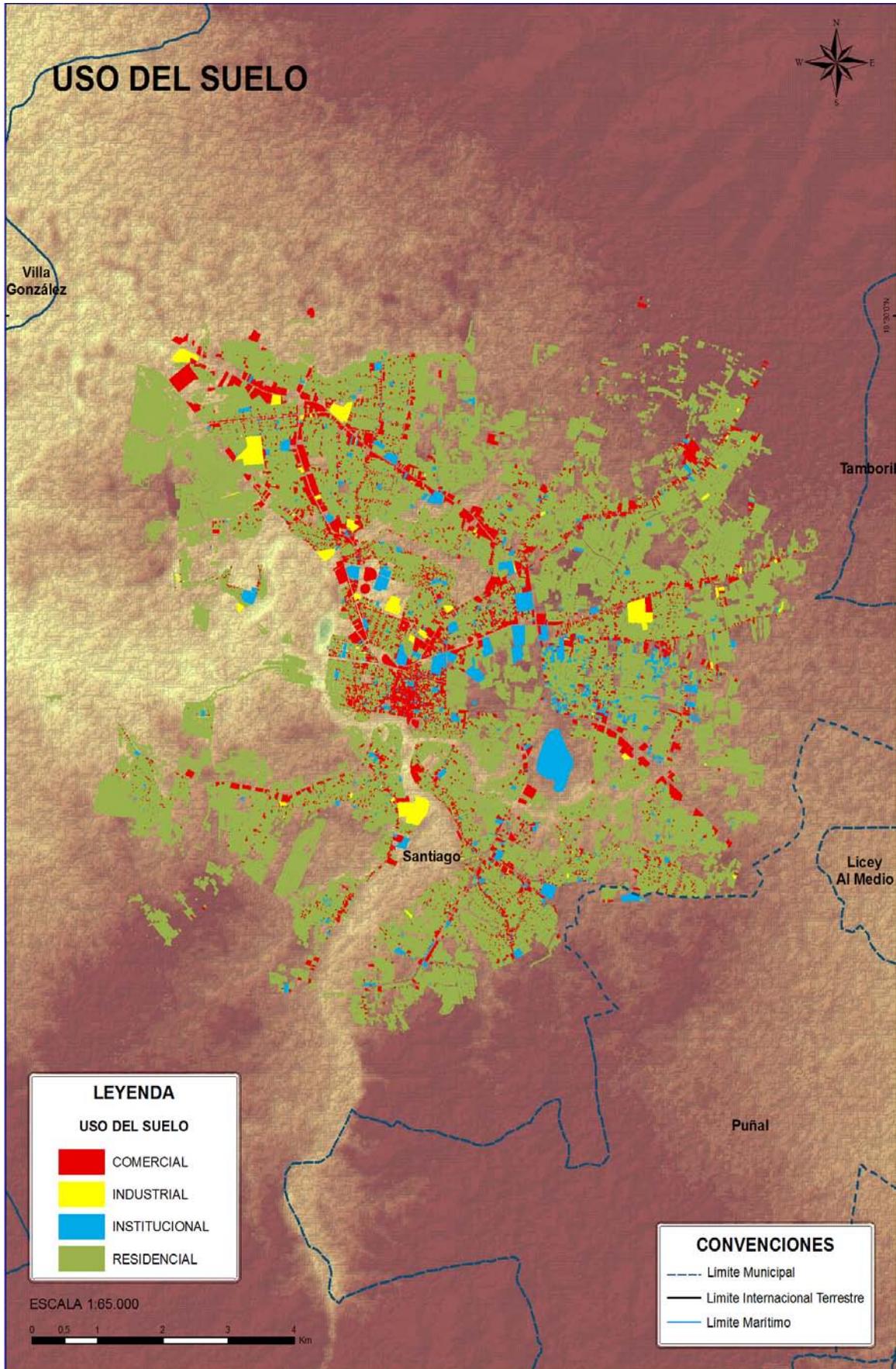
Para la clasificación por uso se utilizan las categorías: Residenciales (por estratos socioeconómicos Medio alto - Alto, Medio, Medio bajo, Bajo, Muy bajo), Comerciales, Industriales, Institucionales privadas, Institucionales públicas, Salud, Educación, Otras.

En caso que la información catastral no esté disponible directamente, es posible utilizar 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 del área de estudio.

Los Mapas 41 a 50 muestran gráficamente algunas características de los elementos expuestos del Distrito Nacional y Santiago de Lo Caballeros, tales como el uso dado a las edificaciones, el número de pisos, el área total construida, el valor de reposición por metro cuadrado y el valor de reposición total de los elementos expuestos.

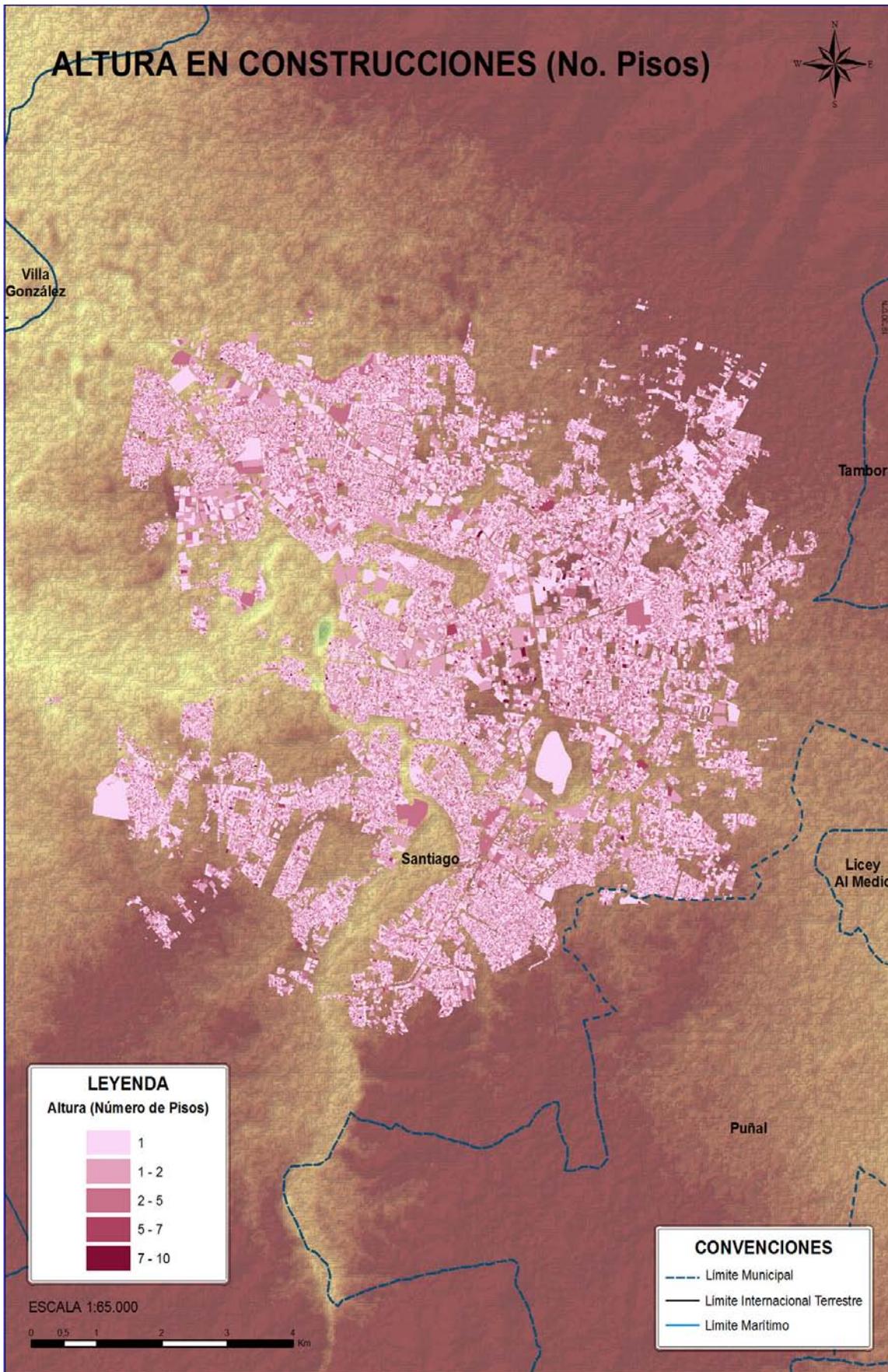


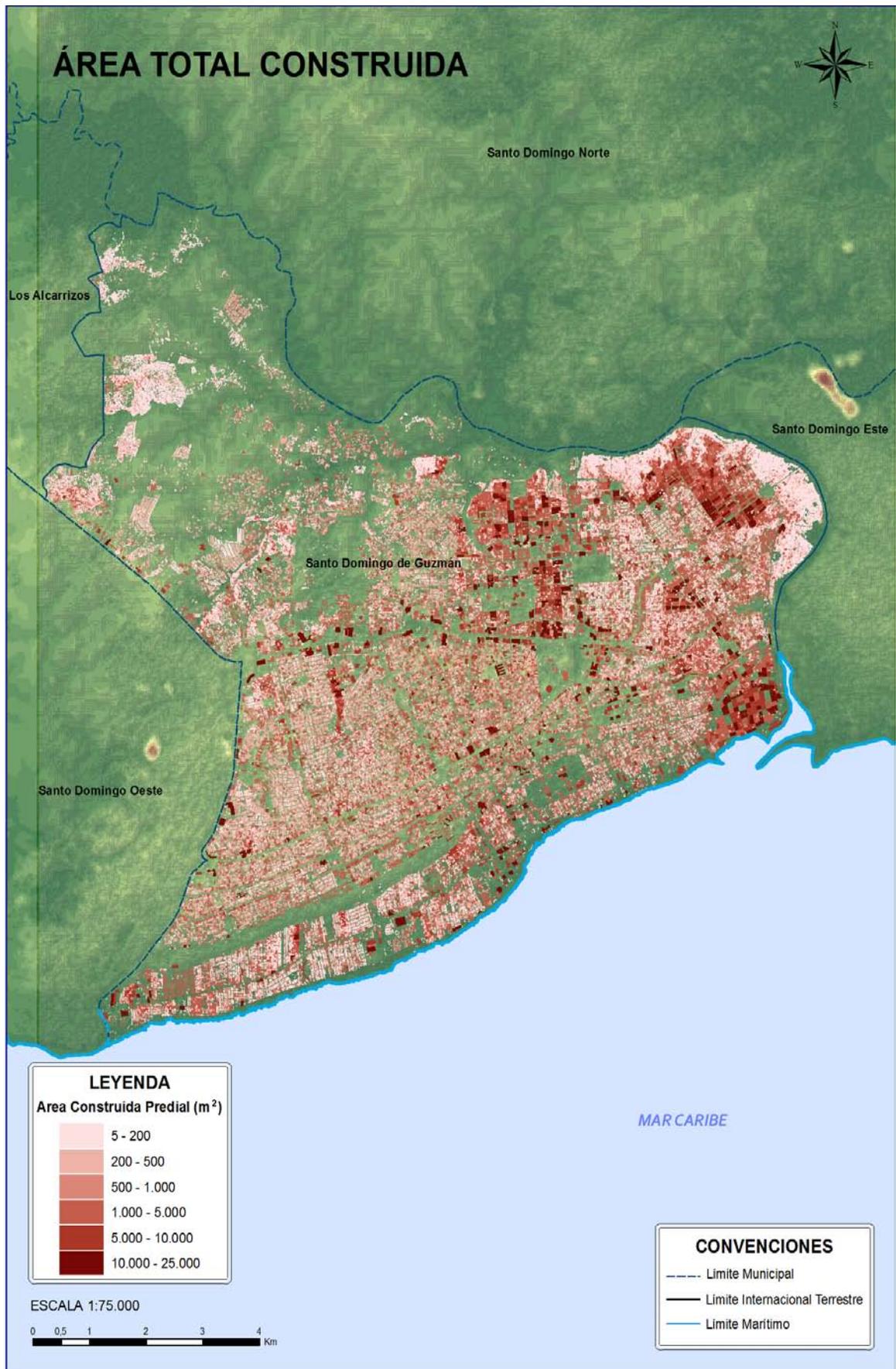
Mapa 42 Uso del suelo, Santiago de Los Caballeros



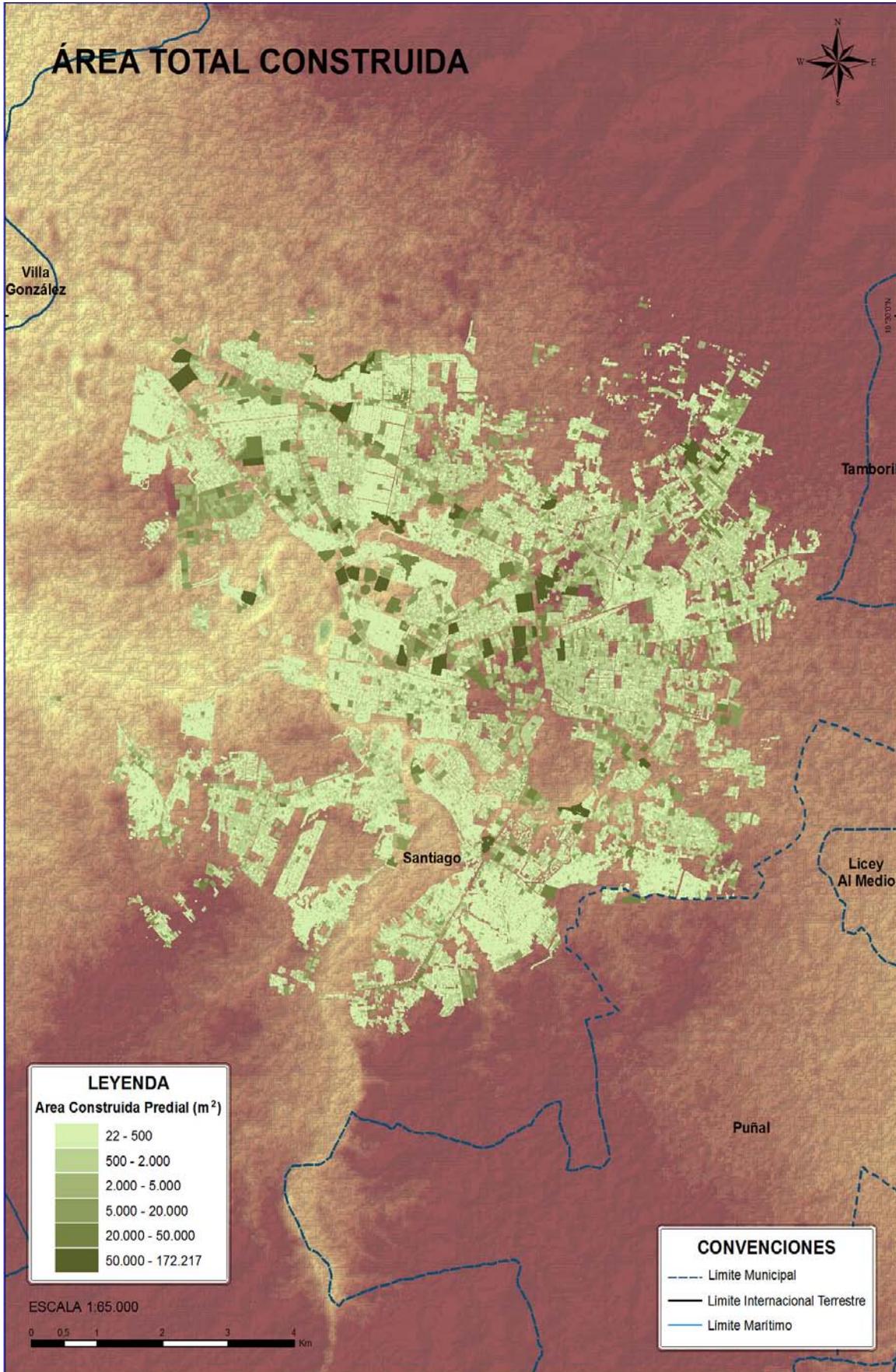


Mapa 44 Altura de construcciones, Santiago de Los Caballeros

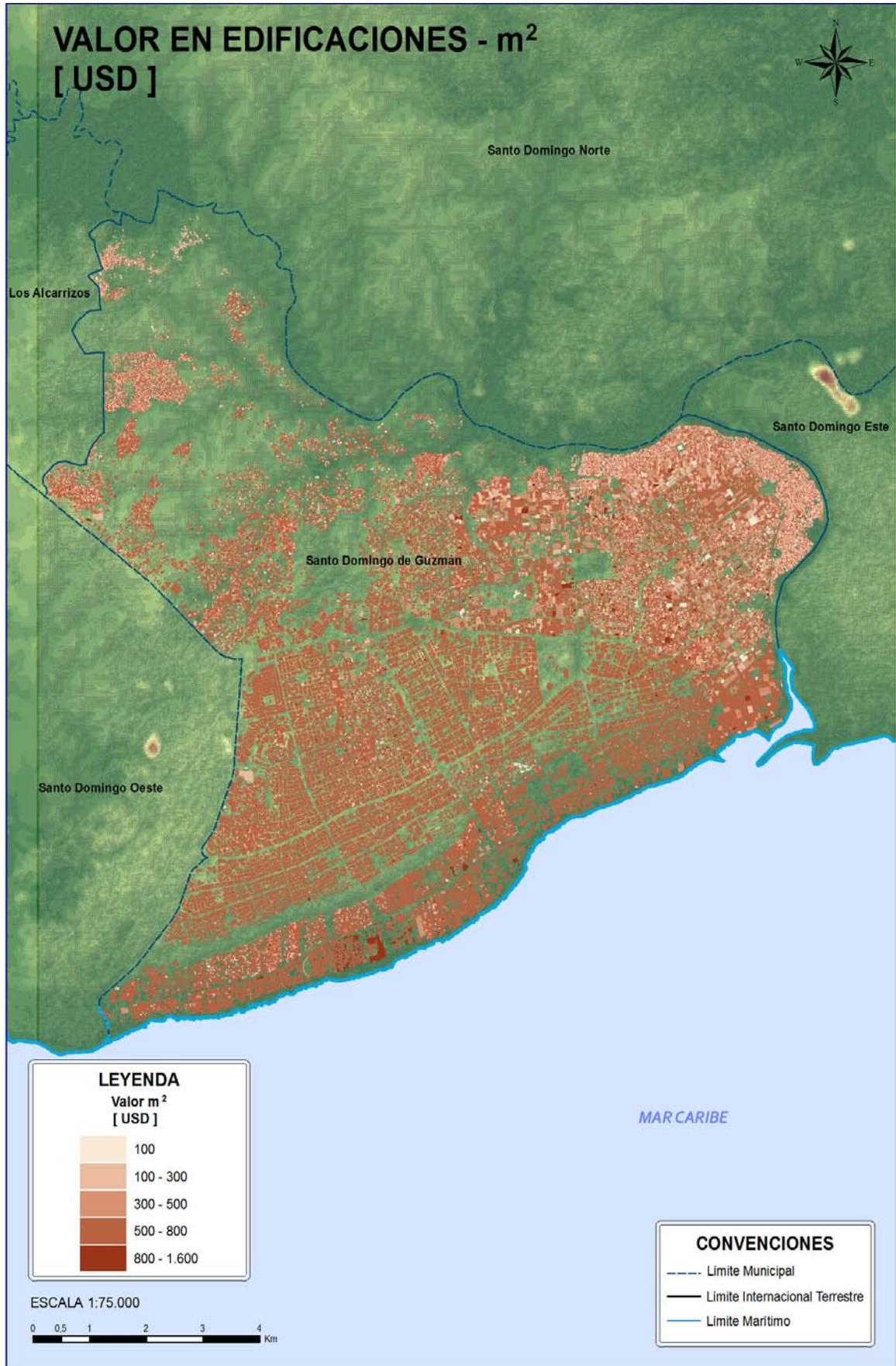




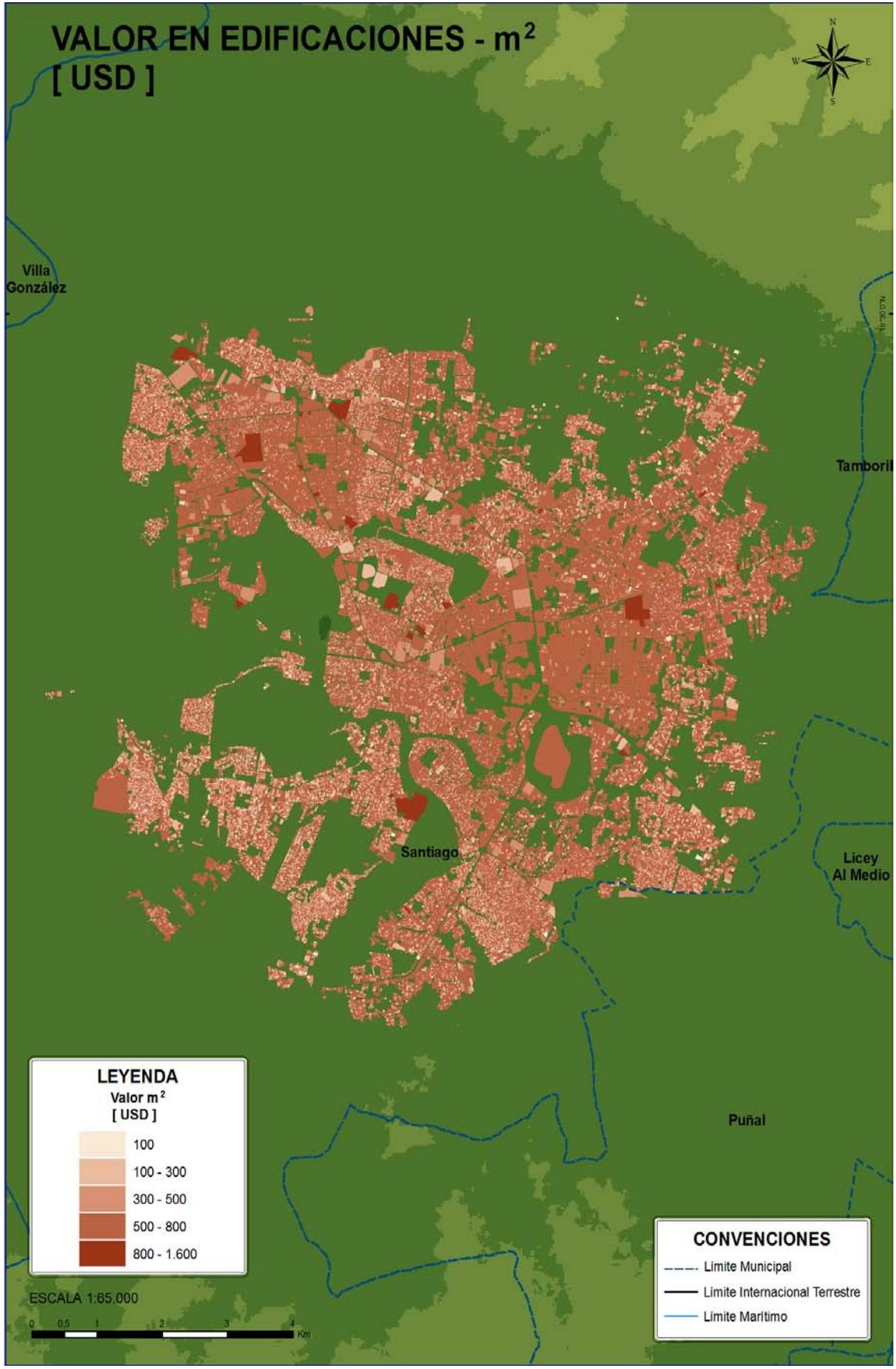
Mapa 46 Área total construida, Santiago de Los Caballeros

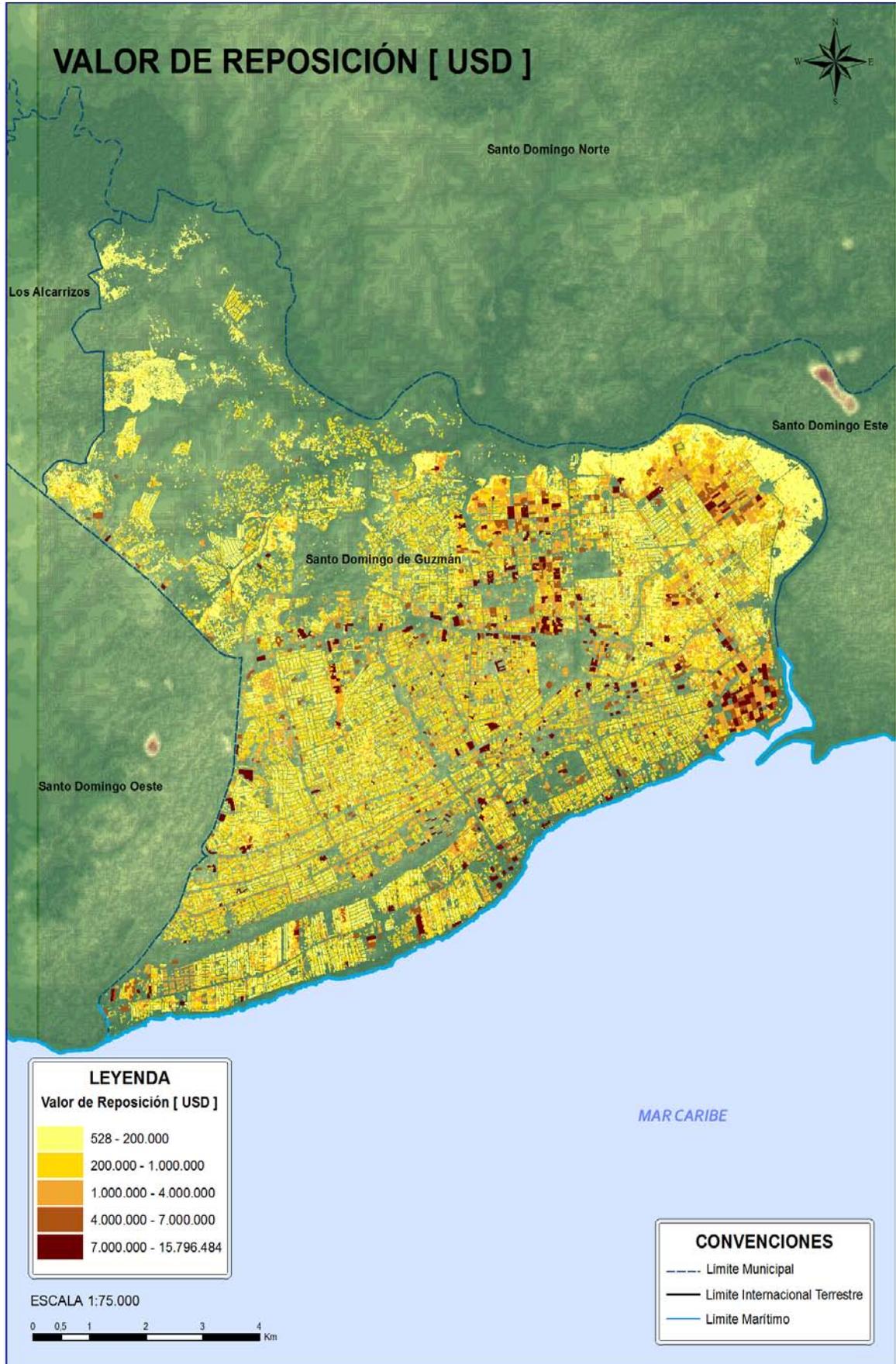


Mapa 47 Valor de reposición por metro cuadrado, Distrito Nacional

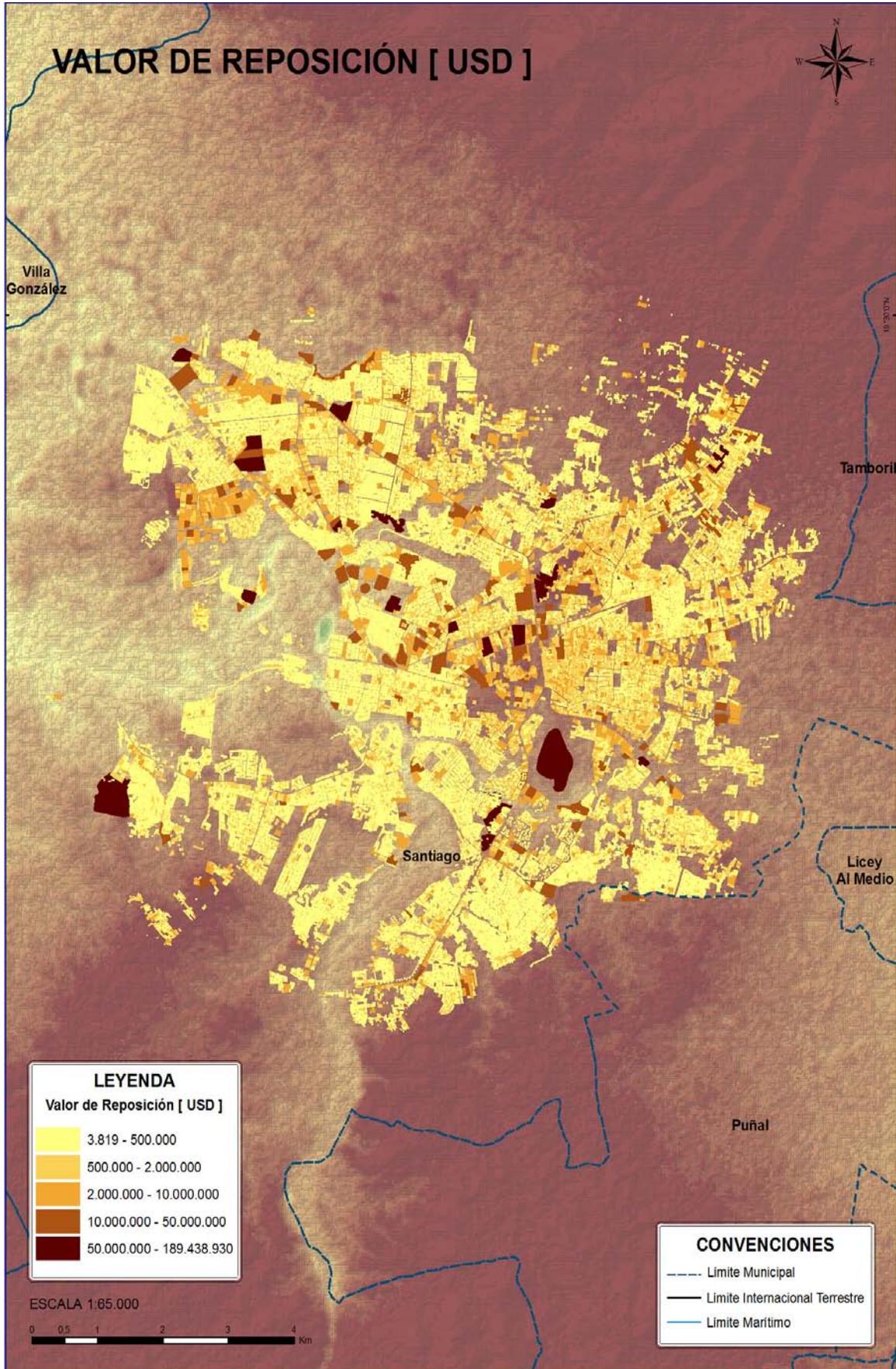


Mapa 48 Valor de reposición por metro cuadrado, Santiago de Los Caballeros





Mapa 50 Valor de reposición, Santiago de Los Caballeros



# Evaluando el riesgo

## Riesgo sísmico del Distrito Nacional

La sismotectónica de la República Dominicana, es controlada principalmente por la interacción entre las placas Norteamericana y Caribeña. En la interfaz de estas dos placas se genera un sistema tectónico complejo con un gran número de fallas que crea una franja sísmicamente activa a lo largo del límite de placa.

El movimiento relativo de las placas, caracterizado por incluir estructuras de desgarre y de subducción que resultan en una convergencia oblicua de ambas placas, da lugar a los diferentes regímenes tectónicos que se presentan en la isla. Hacia el oeste de la isla las fallas Enriquillo-Plantain Garden y Septentrional, ambas con dirección este-oeste, absorben el componente transcurrente sinistral del movimiento relativo de las placas. Por otro lado, hacia el este se encuentran zonas de subducción en el norte y sudeste de la isla (subducción Norte Hispaniola y Muertos). Estas estructuras representan los cuatro grandes bloques que logran acomodar en su mayoría el movimiento de las placas. Sin embargo, estas estructuras principales se complementan con una serie de fallas inversas adicionales en el centro de la isla que reflejan el movimiento compresivo generado.

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 del Distrito Nacional 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 representa 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 del riesgo

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 in-

tervienen 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 del Distrito Nacional se calcularon un total de 6,925 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.

Tabla 3 Valores expuestos y resultados de pérdidas probables por sistema estructural

Sistema	Valor Expuesto		Pérdida Anual Esperada	
	[US\$ x 10 <sup>6</sup> ]	[%]	[US\$ x 10 <sup>6</sup> ]	[%o]
Mamosterías	14,077.56	51.7%	15.08	1.07
Sistema Dual Concreto	1,460.41	5.4%	1.19	0.81
Pórticos de Concreto	11,175.08	41.1%	4.31	0.39
No Tecnificado	25.05	0.1%	0.004	0.18
Madera	467.12	1.7%	0.07	0.15
<b>TOTAL</b>	<b>27,205.22</b>	<b>100%</b>	<b>167.82</b>	<b>6.17</b>

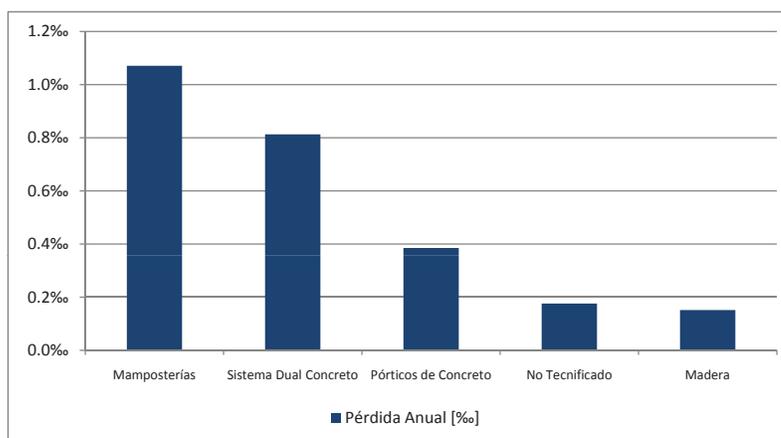


Figura 13 Pérdidas económicas por sistema estructural

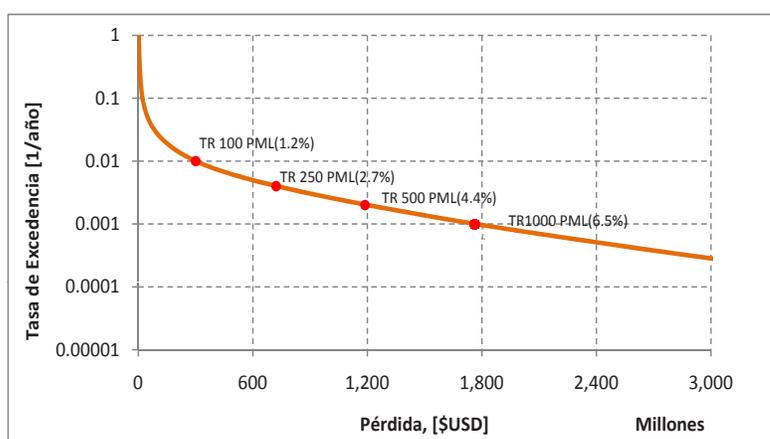


Figura 14 Curva de excedencia de pérdidas

# Riesgo por huracán en el Distrito Nacional

## Metodología para la evaluación del riesgo

La metodología para la evaluación del riesgo por huracán para el Distrito Nacional - República Dominicana incluyó los siguientes aspectos:

- a. Evaluación de la amenaza por viento huracanado, marea de tormenta e inundación por lluvia huracanada: Estas amenazas se evalúan 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 eventual ocurrencia del evento seleccionado para el escenario.
- b. Inventario de bienes expuestos: Se contó con información catastral detallada del Distrito Nacional, y adicionalmente con el número de pisos de cada edificación referenciada. Para completar la asignación de características, como el sistema estructural, se recurrió a la observación e interpretación de imágenes tanto de satélite y como las aportadas por el Ayuntamiento del Distrito Nacional. Información oficial e índices 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.
- d. Evaluación del riesgo: La evaluación del riesgo se lleva a cabo mediante el asocio de las amenazas consideradas sobre el inventario de activos expuestos con las funciones de vulnerabilidad relacionadas. Para el efecto se emplea la herramienta de evaluación de riesgo CAPRA-GIS. Se evalúa, 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. 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

Se contó con la información oficial de la Dirección General del Catastro Nacional adscrita al Ministerio de Hacienda a partir de la cual fue posible establecer la geometría en planta de la totalidad de las edificaciones existentes en las tres circunscripciones así como los rangos de altura, expresada en número de pisos para la mayoría de ellas.

Se tuvo información detallada de visitas de campo realizadas por el Ayuntamiento del Distrito Nacional, principalmente para las Circunscripciones 1 y 2, la cual fue complementada por visitas de validación de información del Grupo Consultor.

Con base en la anterior información fue posible realizar una verificación a partir de un muestreo del contenido de la base de datos del Catastro Nacional así como la definición de sistemas estructurales, clasificación del uso de la estructura y categoría socio-económica.

Tomando como base la información anterior, se procedió a complementar la información adicional requerida para la conformación de la base de datos de elementos expuestos a ser utilizada en el análisis de riesgo, haciendo uso de indicadores y datos oficiales.

## Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición del Distrito Nacional, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asignaron 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 el Distrito Nacional. 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 4 Medidas probabilistas del riesgo

Resultados		
Valor Expuesto	USD\$ x10 <sup>6</sup>	27,205.20
Pérdida anual esperada	USD\$ x10 <sup>6</sup>	39.464
	‰	1.451
PML		
Período retorno	Pérdida	
años	USD\$ x10 <sup>6</sup>	%
100	\$920.71	3.38
250	\$1,462.54	5.38
500	\$1,884.05	6.93
1000	\$2,370.00	8.71

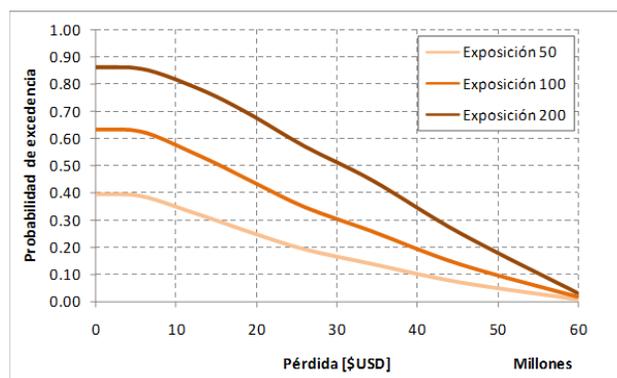


Figura 15 Curva de probabilidad de excedencia de pérdidas

## Conclusiones y recomendaciones para el Distrito Nacional

El análisis de riesgo por sismo y por huracán presentado para el Distrito Nacional en la República Dominicana 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.

La amenaza que controla el riesgo en el Distrito Nacional es la asociada a eventos de huracán dada su ubicación costera en una de las zonas más activas de la cuenca del Atlántico Norte. Para dicha amenaza la pérdida máxima probable para un período de retorno de 500 años es igual a USD\$ 1,884 Millones, lo que equivale al 1.9% del PIB del país. Para 1,500 años, la pérdida máxima probable llega hasta valores en el orden de los USD\$ 2,370 Millones.

La prima pura de riesgo global calculada para el municipio, considerando tanto la amenaza sísmica como la amenaza de huracán, es de 2.2‰, correspondientes aproximadamente a uno USD\$60 Millones, la cual se ve principalmente afectada por la alta frecuencia de ocurrencia de huracanes que afectan la población.

El nivel de resolución con que se ha realizado el presente estudio permitiría realizar los siguientes tipos de aplicaciones:

- Planes de ordenamiento territorial en función del riesgo
- Normativas generales para diseño ante la amenaza sísmica y ante la amenaza de viento.
- Planes de reducción global de la vulnerabilidad en tipos constructivos característicos.
- Análisis de estrategia de protección financiera del riesgo a nivel de la ciudad o por sectores de infraestructura.
- Planteamiento de escenarios de daños e impactos para elaborar planes de atención de emergencias y planes de contingencia para la ciudad o sus distritos.

Lo análisis presentados no deben utilizarse para evaluaciones puntuales de la vulnerabilidad o riesgo sísmico de edificaciones específicas, ni para recomendar alternativas de reforzamiento o rehabilitación ante algunas de las amenazas consideradas.

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.

- a. 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. Resulta de la mayor importancia mantener el catálogo de eventos actualizado y con mejor información para efectos de calibración y ajuste de los modelos.
- b. La amenaza por inundación ha sido calculado por medio del modelo simplificado de la Plataforma CAPRA. Para una actualización y mejora en la

resolución del cálculo de la amenaza se hace necesario contar para al menos, la zona de análisis, un modelo de elevación digital detallado complementado con curvas de nivel a máximo 1m.

c. Información de exposición: debe continuarse el proceso de caracterizar y complementar la información faltante en el nivel de resolución predio a predio como el número de pisos, sistemas estructurales y materiales predominantes entre otros.

d. Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan en el mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación los cuales han estado involucrados en el proceso de capacitación en la Plataforma CAPRA. 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.

Mediante una información más detallada especialmente de infraestructura expuesta el sistema CAPRA permitiría realizar las siguientes evaluaciones complementarias:

a. Identificación de infraestructura crítica para la ciudad en términos de peligrosidad, valor expuesto, ocupación humana y otros criterios. Esto con el fin de priorizar inversión pública en recuperación o modernización de elementos claves para el desarrollo.

b. Requerimientos de reforzamiento de activos públicos, especialmente edificaciones indispensables y de atención a la comunidad.

c. Estimación del riesgo de activos privados para estratos bajos, medios y altos con fines de protección financiera y concientización del riesgo.

d. Análisis de vulnerabilidad y requerimiento de reforzamiento para mitigación de impactos de los sistemas de servicios públicos que puedan verse afectados por los fenómenos que se analizan.

e. Requerimientos especiales para los planes de ordenamiento territorial, definición de zonas de alto riesgo, restricciones susceptibles de inundación o deslizamiento, reubicación de vivienda o edificaciones indispensables y otras.

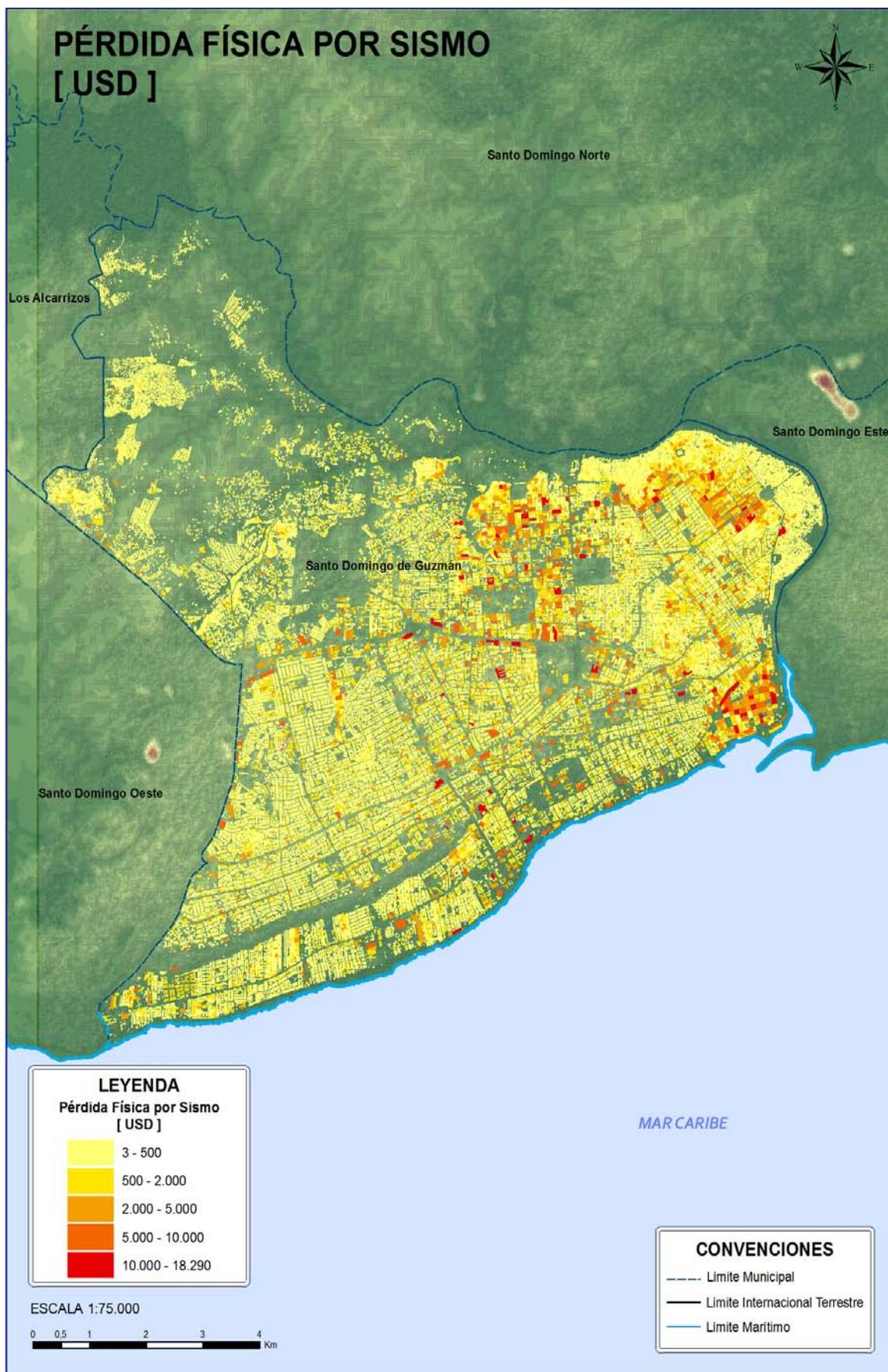
Finalmente, un análisis más detallado de la información que se presenta en este documento sirve de base para realizar una serie de análisis complementarios para efectos de los planes y preparativos de emergencia de la ciudad, incluyendo los siguientes:

- a. Sector salud: requerimientos de atención médica para heridos, centros de atención de emergencia, ubicación, requerimientos de servicios públicos, personal médico, ambulancias, organización del tema de víctimas mortales.
- b. Seguridad: requerimientos de seguridad en los instantes y días posteriores al evento en cuanto a organización policial. Posibilidad de problemas sociales por falta de alimentos o de servicios.
- c. Atención de la emergencia: planeación de las diferentes acciones posteriores a la ocurrencia del desastre tales como reconocimiento, identificación y clausura de edificaciones afectadas, demoliciones, avisos a la población, cuadrillas de rescate, manejo de donaciones, suministros de alimentación, viviendas temporales, manejo de residuos, disponibilidad de maquinaria, etc.
- d. Requerimientos de viviendas temporales, campamentos, comida, víveres, suministros, atención médica post-emergencia, etc. Problemática de la vivienda de interés social.
- e. Problemática de personas sin empleo o lugar de trabajo según zonas, requerimientos inmediatos, afectación de la producción, efectos a largo plazo, medidas de mitigación de impactos.
- f. Planes de contingencia para los diferentes sectores de servicios públicos y sociales incluyendo suministro de agua, energía, gas, transporte público, generación de energía, telecomunicaciones y otras.
- g. Pérdidas económicas esperadas, efectos en el mediano y largo plazo en las finanzas públicas, necesidades de mecanismos de transferencia del riesgo, planes de aseguramiento, proyección hacia el futuro.

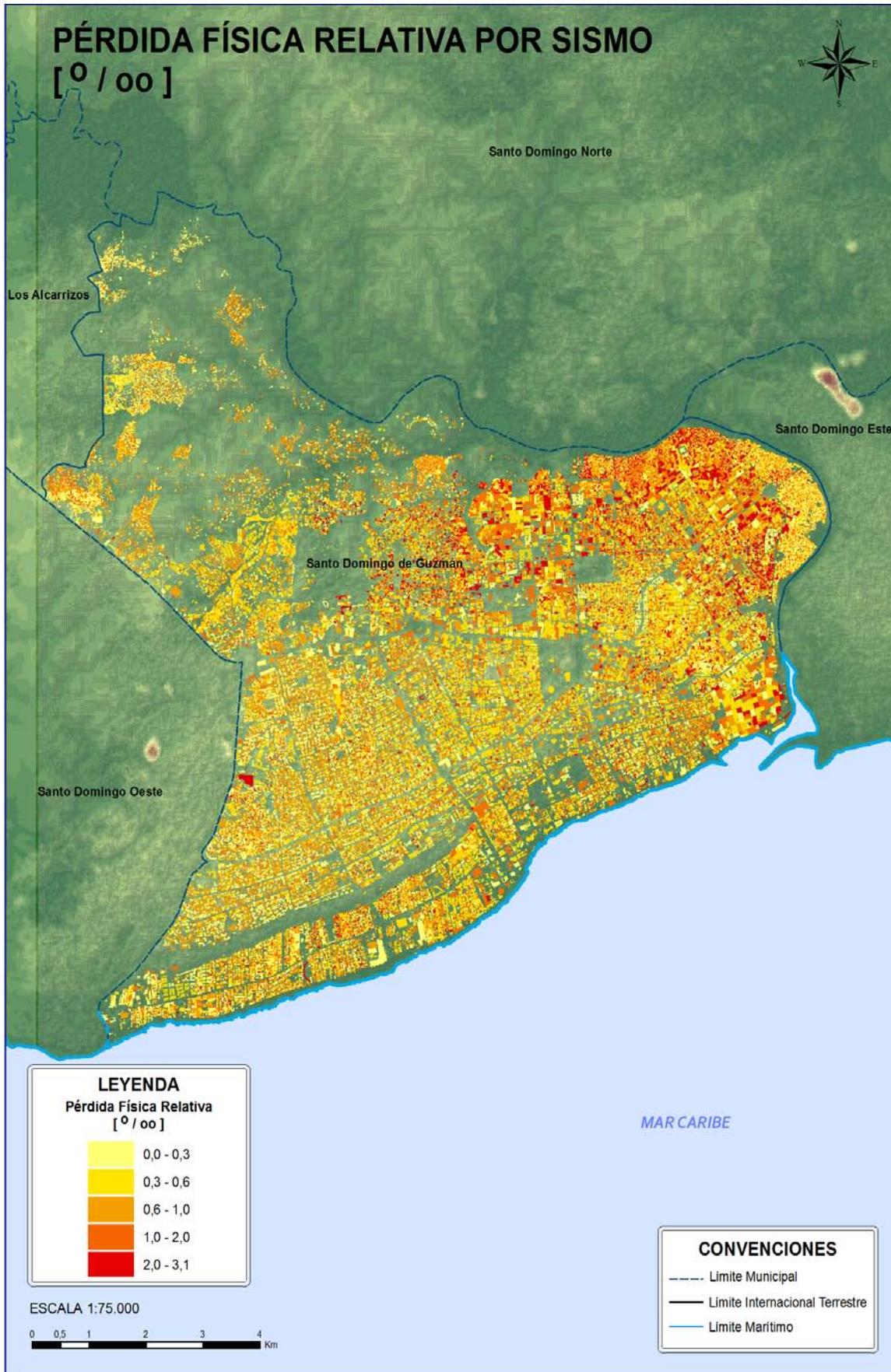
El análisis de riesgo con las herramientas indicadas se convierte por lo tanto en un elemento fundamental en la gestión integral del riesgo, factor clave para el desarrollo económico y social. El proceso exige la participación activa de entidades públicas, Universidades, sector privado y de la comunidad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

## Mapas de riesgo

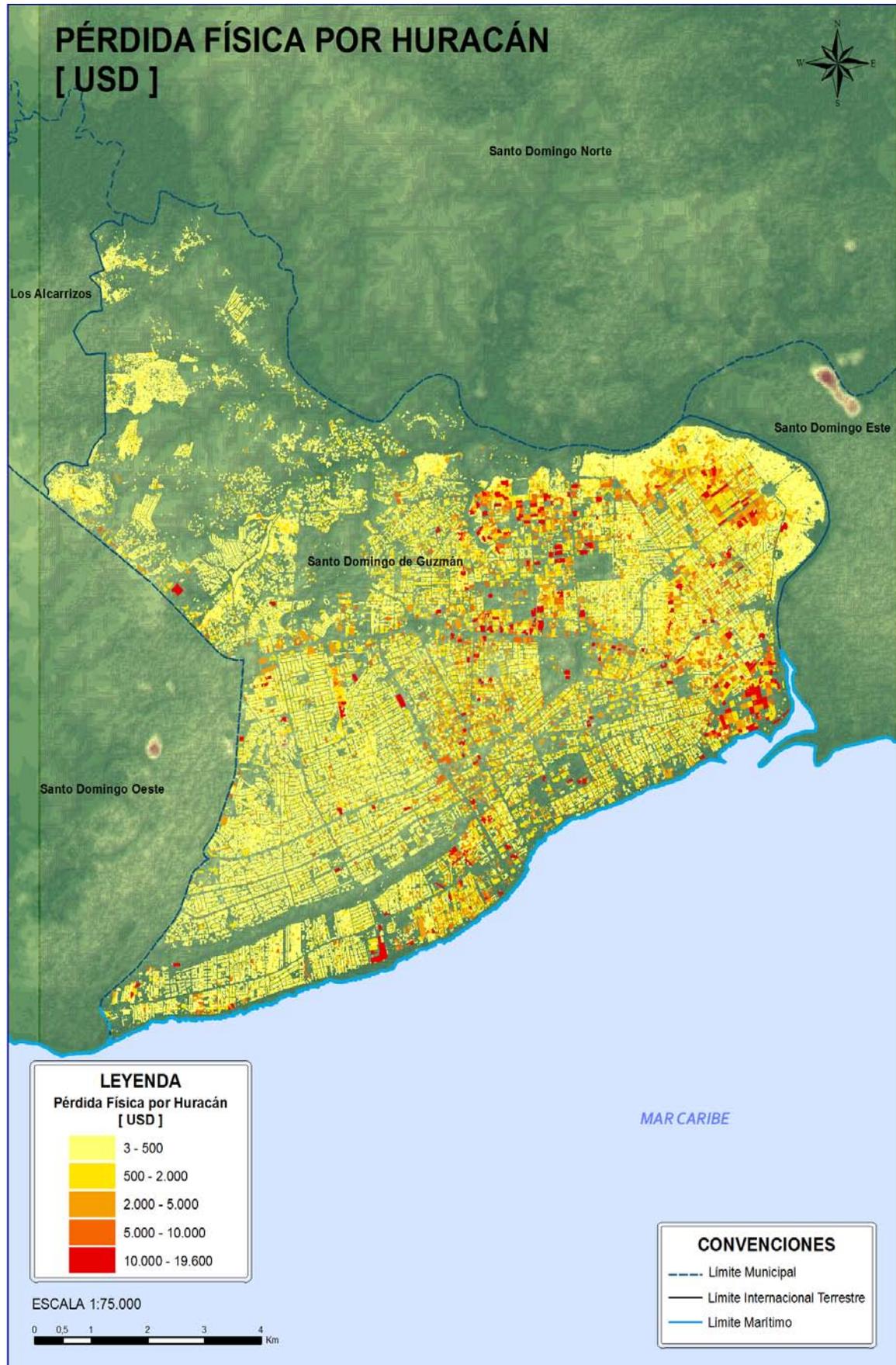
A continuación se presentan los resultados de manera gráfica. Los Mapas 51 y 52 muestran la distribución geográfica de la pérdida por sismo, en millones de dólares y al millar del valor expuesto, respectivamente. Los Mapas 53 y 54 muestran la distribución geográfica de la pérdida por huracán, en millones de dólares y al millar del valor expuesto, respectivamente.



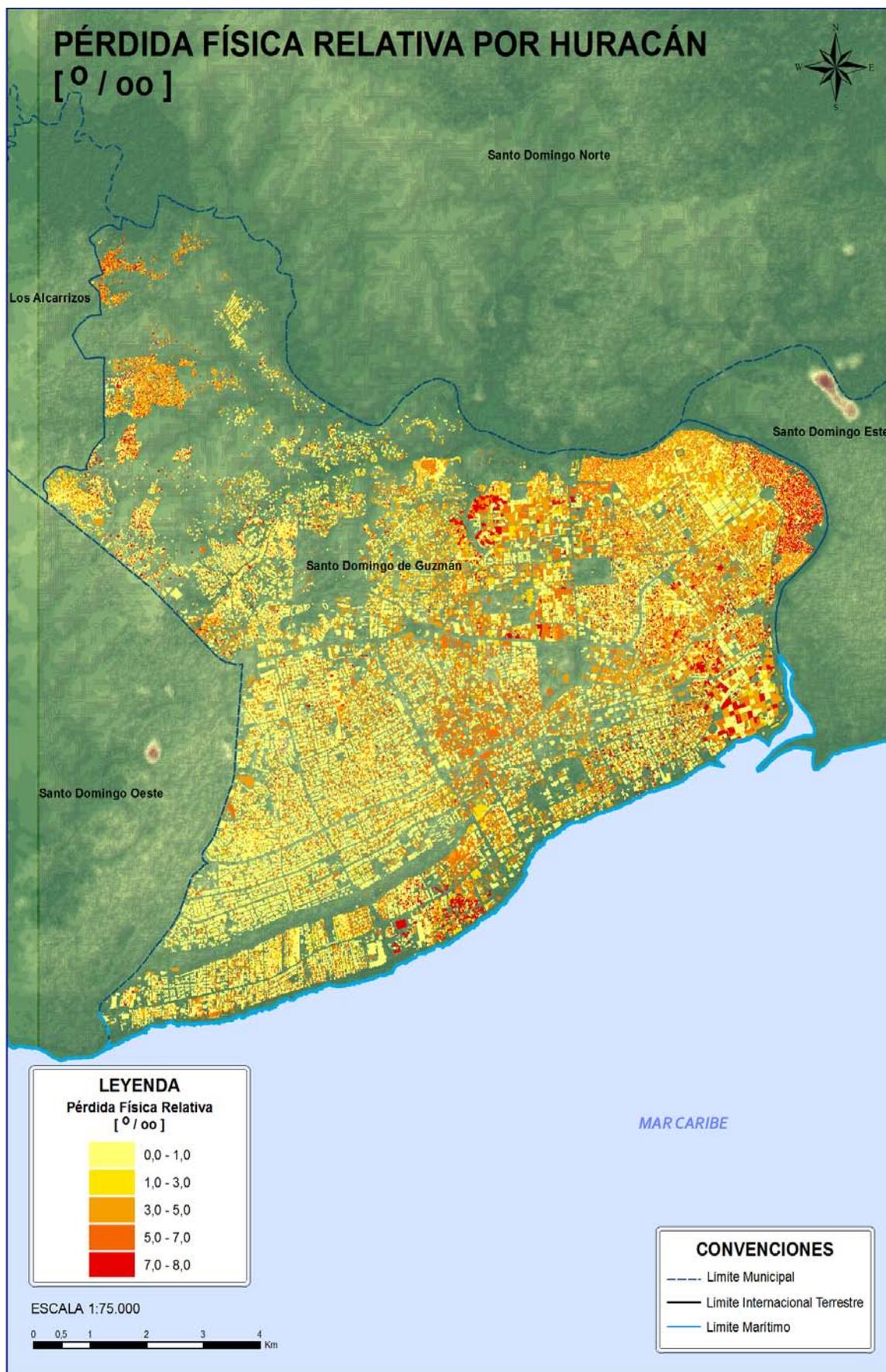
Mapa 52 Pérdida anual esperada por sismo (%)



Mapa 53 Pérdida anual esperada por huracán (Valor)



Mapa 54 Pérdida anual esperada por huracán (%)



## Riesgo sísmico en Santiago de Los Caballeros

La sismotectónica de la República Dominicana, es controlada principalmente por la interacción entre las placas Norteamericana y Caribeña. En la interfaz de estas dos placas se genera un sistema tectónico complejo con un gran número de fallas que crea una franja sísmicamente activa a lo largo del límite de placa.

El movimiento relativo de las placas, caracterizado por incluir estructuras de desgarre y de subducción que resultan en una convergencia oblicua de ambas placas, da lugar a los diferentes regímenes tectónicos que se presentan en la isla. Hacia el oeste de la isla las fallas Enriquillo-Plantain Garden y Septentrional, ambas con dirección este-oeste, absorben el componente transcurrente sinistral del movimiento relativo de las placas. Por otro lado, hacia el este se encuentran zonas de subducción en el norte y sudeste de la isla (subducción Norte Hispaniola y Muertos). Estas estructuras representan los cuatro grandes bloques que logran acomodar en su mayoría el movimiento de las placas. Sin embargo, estas estructuras principales se complementan con una serie de fallas inversas adicionales en el centro de la isla que reflejan el movimiento compresivo generado (Bertil et ál., 2010).

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 Santiago de Los Caballeros 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 representa 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 del riesgo

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 Santiago de Los Caballeros se calcularon un total de 6,925 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 probabilista de la amenaza y la vulnerabilidad sísmica de la ciudad.

Tabla 5 Valores expuestos y resultados de pérdidas probables

Sistema	Valor Expuesto		Pérdida Anual Esperada	
	[US\$ x 10 <sup>6</sup> ]	[%]	[US\$ x 10 <sup>6</sup> ]	[%o]
Mamposterías	24,478.17	68.2%	125.20	5.11
Sistema Dual Concreto	243.93	0.7%	1.99	8.14
Pórticos de Concreto	10,180.78	28.4%	39.82	3.91
No Tecnificado	19.29	0.1%	0.02	0.90
Madera	953.42	2.7%	0.80	0.84
<b>TOTAL</b>	<b>35,875.60</b>	<b>100%</b>	<b>167.82</b>	<b>4.68</b>

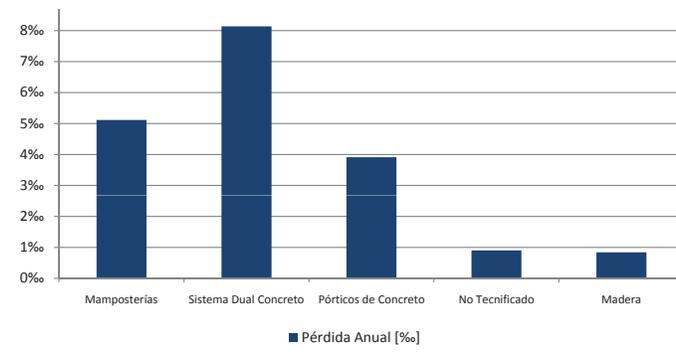


Figura 16 Valores expuestos y pérdidas económicas por sistema estructural

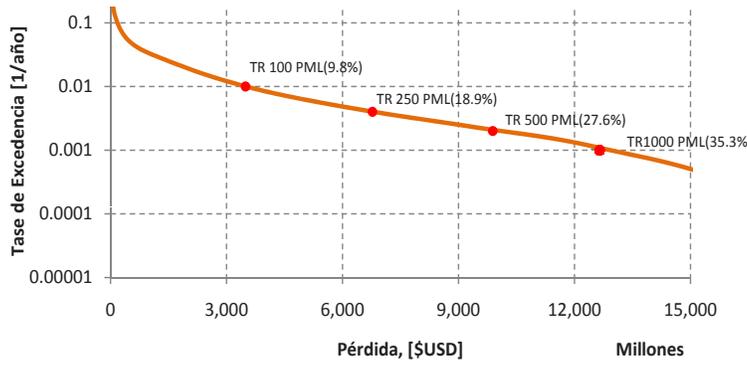


Figura 17 Curva de excedencia de pérdidas

# Riesgo por huracán en Santiago de Los Caballeros

## Metodología para la evaluación del riesgo

La metodología para la evaluación del riesgo por huracán para Santiago de Los Caballeros- República Dominicana incluyó los siguientes aspectos:

- a. Evaluación de la amenaza por viento huracanado, marea de tormenta e inundación por lluvia huracanada: Estas amenazas se evalúan 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 eventual ocurrencia del evento seleccionado para el escenario.
- b. Inventario de bienes expuestos: Se contó con información catastral detallada del Distrito Nacional, y adicionalmente con el número de pisos de cada edificación referenciada. Para completar la asignación de características, como el sistema estructural, se recurrió a la observación e interpretación de imágenes tanto de satélite y como las aportadas por el Ayuntamiento del Distrito Nacional. Información oficial e índices 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.
- d. Evaluación del riesgo: La evaluación del riesgo se lleva a cabo mediante el asocio de las amenazas consideradas sobre el inventario de activos expuestos con las funciones de vulnerabilidad relacionadas. Para el efecto se emplea la herramienta de evaluación de riesgo CAPRA-GIS. Se evalúa, 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. 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

Para la ciudad de Santiago de Los Caballeros, se contó con la información oficial de la Oficina del Plan de Ordenamiento Territorial a partir de la cual fue posible establecer la geometría en planta de la totalidad de las edificaciones existentes.

Además, se contó con la información recopilada en visitas de campo realizadas por el Grupo Consultor. Con base en la anterior información fue posible realizar una verificación, a partir de un muestreo, de lo que está contenido en la base de datos de la Ofical del Plan de Ordenamiento Territorial así como la definición de sistemas estructurales, clasificación del uso de la estructura y categorías socio-económicas.

Usando toda esta información anterior como base, se procedió a complementar la información adicional requerida para la conformación de la base de datos de elementos expuestos con estadísticas y datos oficiales como los contenidos en los censos de población y vivienda.

## Información de exposición de predios

Las condiciones de exposición de Santiago de Los Caballeros, medidas en términos de valor de reposición y número de ocupantes de las edificaciones, se asignaron 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 Santiago de Los Caballeros. 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>	\$193.5
Pérdida anual esperada	USD\$ x10 <sup>6</sup>	\$0.261
	‰	1.35
PML		
Periodo retorno	Pérdida	
años	USD\$ x10 <sup>6</sup>	%
100	\$3.59	2.1
250	\$27.21	15.8
500	\$39.47	23.0
1000	\$46.19	26.9

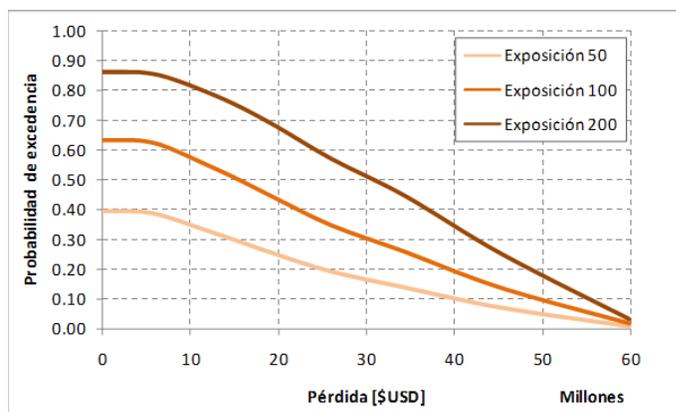


Figura 18 Curva de probabilidad de excedencia de pérdidas

## Conclusiones y recomendaciones para Santiago de Los Caballeros

El análisis de riesgo por huracán presentado para el Santiago de Los Caballeros en la República Dominicana 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.

La amenaza que controla el riesgo en Santiago de Los Caballeros es la asociada a eventos de sismo dada su ubicación en una de las zonas más activas del país. Para dicha amenaza la pérdida máxima probable para un período de retorno de 500 años es cercana a los USD \$10,000 Millones, lo que equivale a casi el 10% del PIB anual del país.

La prima pura de riesgo global calculada para el municipio, es de 6.09%, que corresponde aproximadamente a unos USD\$ 220 Millones al año, la cual se ve principalmente afectada por la amenaza sísmica que, en los análisis, ya considera los efectos de la respuesta dinámica del suelo a partir de la información contenida en el estudio de microzonificación sísmica de Santiago de Los Caballeros.

El nivel de resolución con que se ha realizado el presente estudio permitiría realizar los siguientes tipos de aplicaciones:

- Planes de ordenamiento territorial en función del riesgo
- Normativas generales para diseño ante la amenaza sísmica y ante la amenaza de viento.
- Planes de reducción global de la vulnerabilidad en tipos constructivos característicos.
- Análisis de estrategia de protección financiera del riesgo a nivel de la ciudad o por sectores de infraestructura.
- Planteamiento de escenarios de daños e impactos para elaborar planes de atención de emergencias y planes de contingencia para la ciudad o sus distritos.

Los análisis presentados no deben utilizarse para evaluaciones puntuales de la vulnerabilidad o riesgo sísmico de edificaciones específicas, ni para recomendar alternativas de reforzamiento o rehabilitación ante algunas de las amenazas consideradas.

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.

- a. 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. Resulta de la mayor importancia mantener el catálogo de eventos actualizado y con mejor información para efectos de calibración y ajuste de los modelos.
- b. La amenaza por inundación ha sido calculado por medio del modelo

simplificado de la Plataforma CAPRA. Para una actualización y mejora en la resolución del cálculo de la amenaza se hace necesario contar para al menos, la zona de análisis, un modelo de elevación digital detallado complementado con curvas de nivel a máximo 1m.

c. Información de exposición: debe continuarse el proceso de caracterizar y complementar la información faltante en el nivel de resolución predio a predio como el número de pisos, sistemas estructurales y materiales predominantes entre otros.

d. Las funciones de vulnerabilidad deben revisarse y evaluarse en un plan en el mediano plazo, mediante la vinculación de universidades y centros de investigación los cuales han estado involucrados en el proceso de capacitación en la Plataforma CAPRA. 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.

Mediante una información más detallada especialmente de infraestructura expuesta el sistema CAPRA permitiría realizar las siguientes evaluaciones complementarias:

a. Identificación de infraestructura crítica para la ciudad en términos de peligrosidad, valor expuesto, ocupación humana y otros criterios. Esto con el fin de priorizar inversión pública en recuperación o modernización de elementos claves para el desarrollo.

b. Requerimientos de reforzamiento de activos públicos, especialmente edificaciones indispensables y de atención a la comunidad.

c. Estimación del riesgo de activos privados para estratos bajos, medios y altos con fines de protección financiera y concientización del riesgo.

d. Análisis de vulnerabilidad y requerimiento de reforzamiento para mitigación de impactos de los sistemas de servicios públicos que puedan verse afectados por los fenómenos que se analizan.

e. Requerimientos especiales para los planes de ordenamiento territorial, definición de zonas de alto riesgo, restricciones susceptibles de inundación o deslizamiento, reubicación de vivienda o edificaciones indispensables y otras.

Finalmente, un análisis más detallado de la información que se presenta en este documento sirve de base para realizar una serie de análisis complementarios para efectos de los planes y preparativos de emergencia de la ciudad, incluyendo los siguientes:

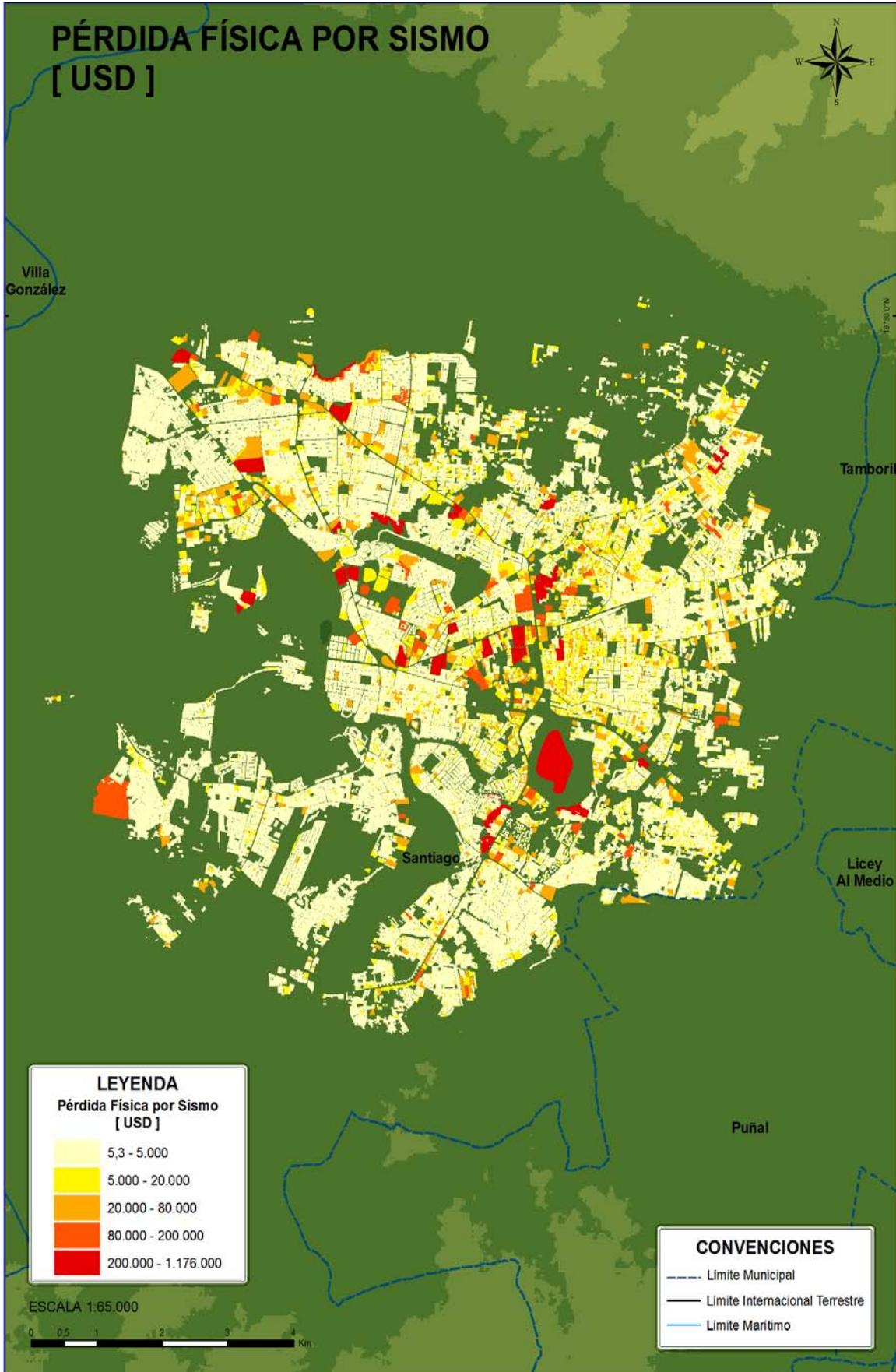
- a. Sector salud: requerimientos de atención médica para heridos, centros de atención de emergencia, ubicación, requerimientos de servicios públicos, personal médico, ambulancias, organización del tema de víctimas mortales.
- b. Seguridad: requerimientos de seguridad en los instantes y días posteriores al evento en cuanto a organización policial. Posibilidad de problemas sociales por falta de alimentos o de servicios.
- c. Atención de la emergencia: planeación de las diferentes acciones posteriores a la ocurrencia del desastre tales como reconocimiento, identificación y clausura de edificaciones afectadas, demoliciones, avisos a la población, cuadrillas de rescate, manejo de donaciones, suministros de alimentación, viviendas temporales, manejo de residuos, disponibilidad de maquinaria, etc.
- d. Requerimientos de viviendas temporales, campamentos, comida, víveres, suministros, atención médica post-emergencia, etc. Problemática de la vivienda de interés social.
- e. Problemática de personas sin empleo o lugar de trabajo según zonas, requerimientos inmediatos, afectación de la producción, efectos a largo plazo, medidas de mitigación de impactos.
- f. Planes de contingencia para los diferentes sectores de servicios públicos y sociales incluyendo suministro de agua, energía, gas, transporte público, generación de energía, telecomunicaciones y otras.
- g. Pérdidas económicas esperadas, efectos en el mediano y largo plazo en las finanzas públicas, necesidades de mecanismos de transferencia del riesgo, planes de aseguramiento, proyección hacia el futuro.

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

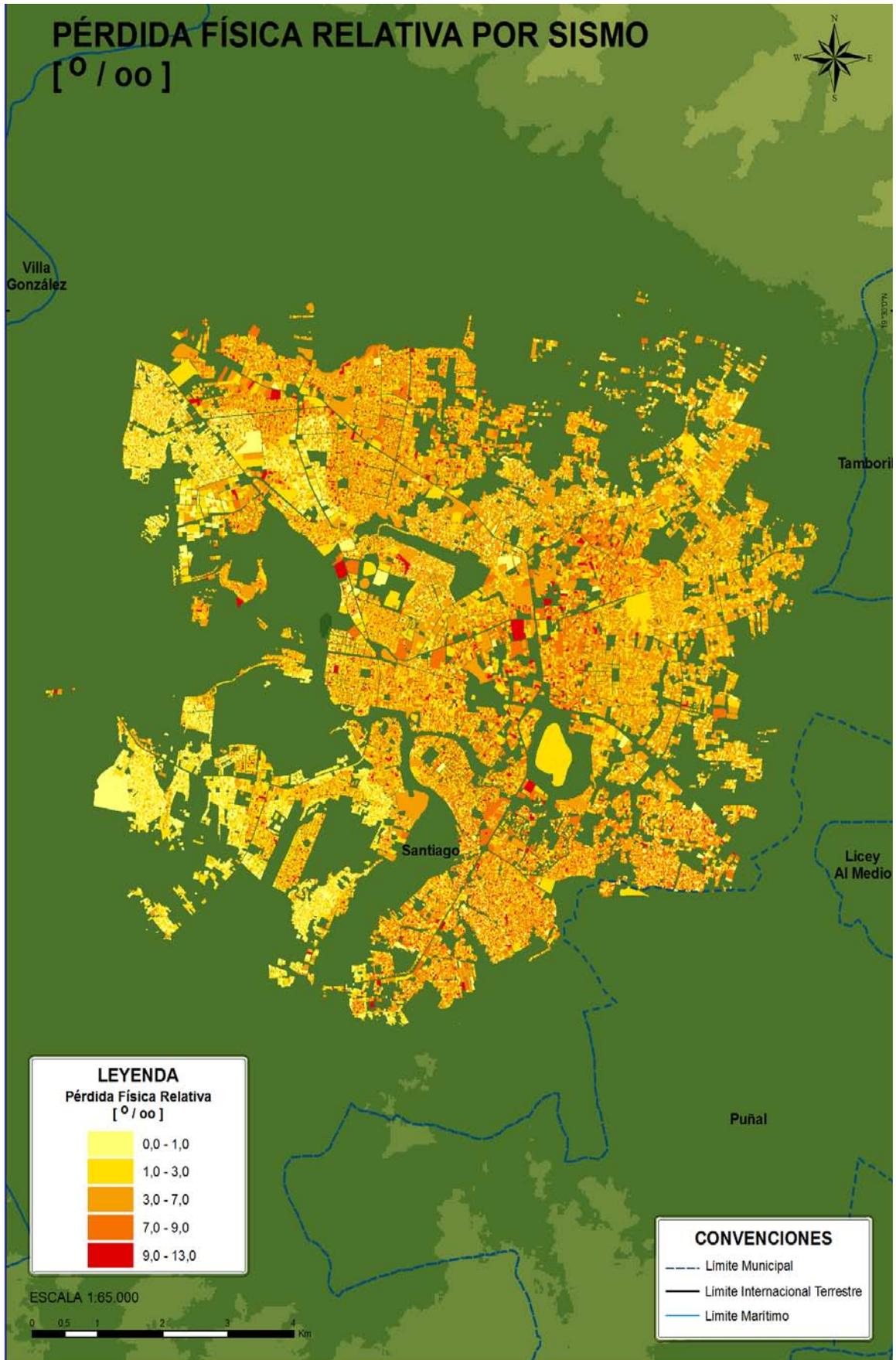
## Mapas de riesgo

A continuación se presentan los resultados de manera gráfica. Los Mapas 55 y 56 muestran la distribución geográfica de la pérdida por sismo, en millones de dólares y al millar del valor expuesto, respectivamente. Los Mapas 57 y 58 muestran la distribución geográfica de la pérdida por huracán, en millones de dólares y al millar del valor expuesto, respectivamente.

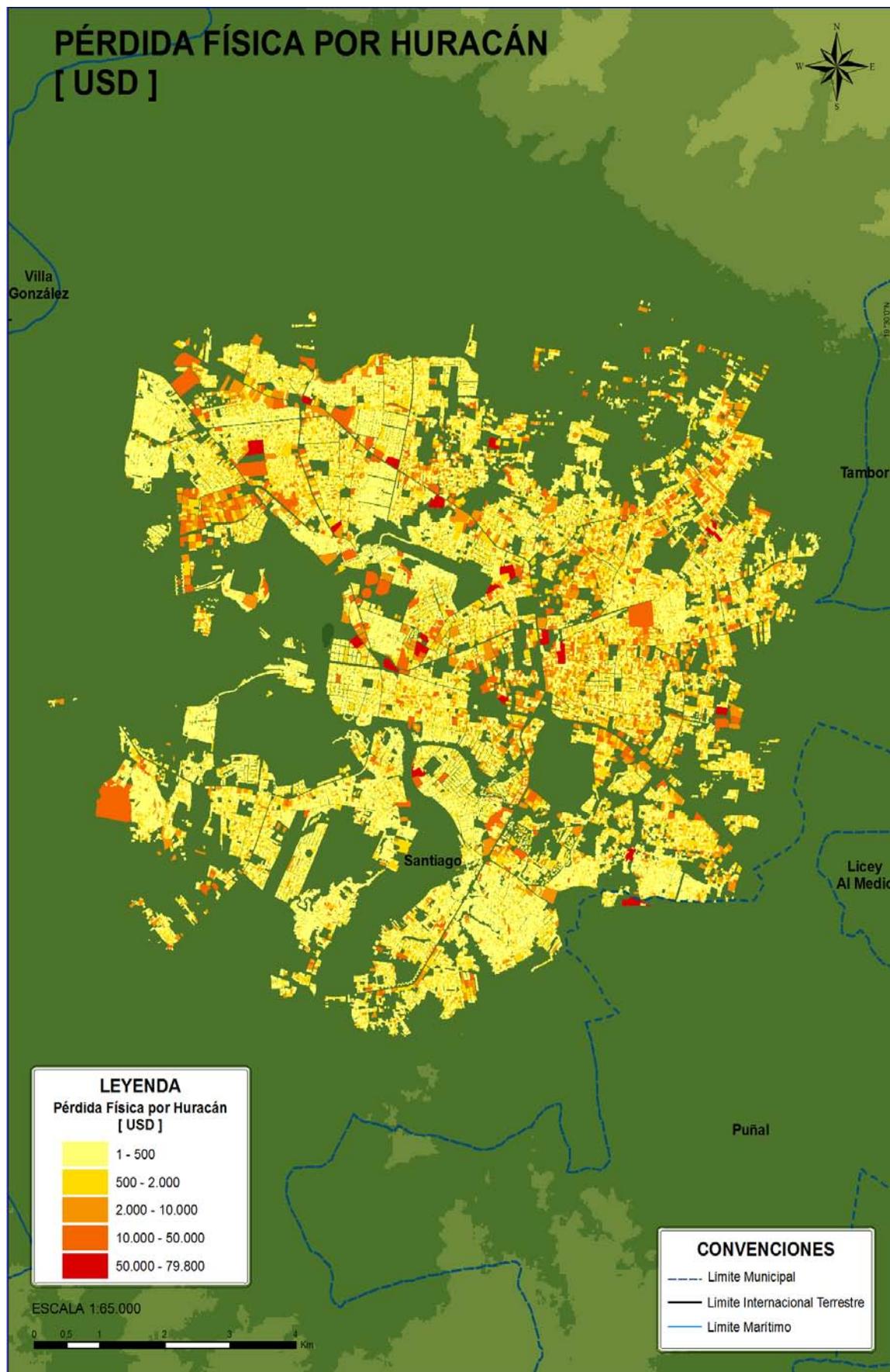
Mapa 55 Pérdida anual esperada por sismo (Valor)



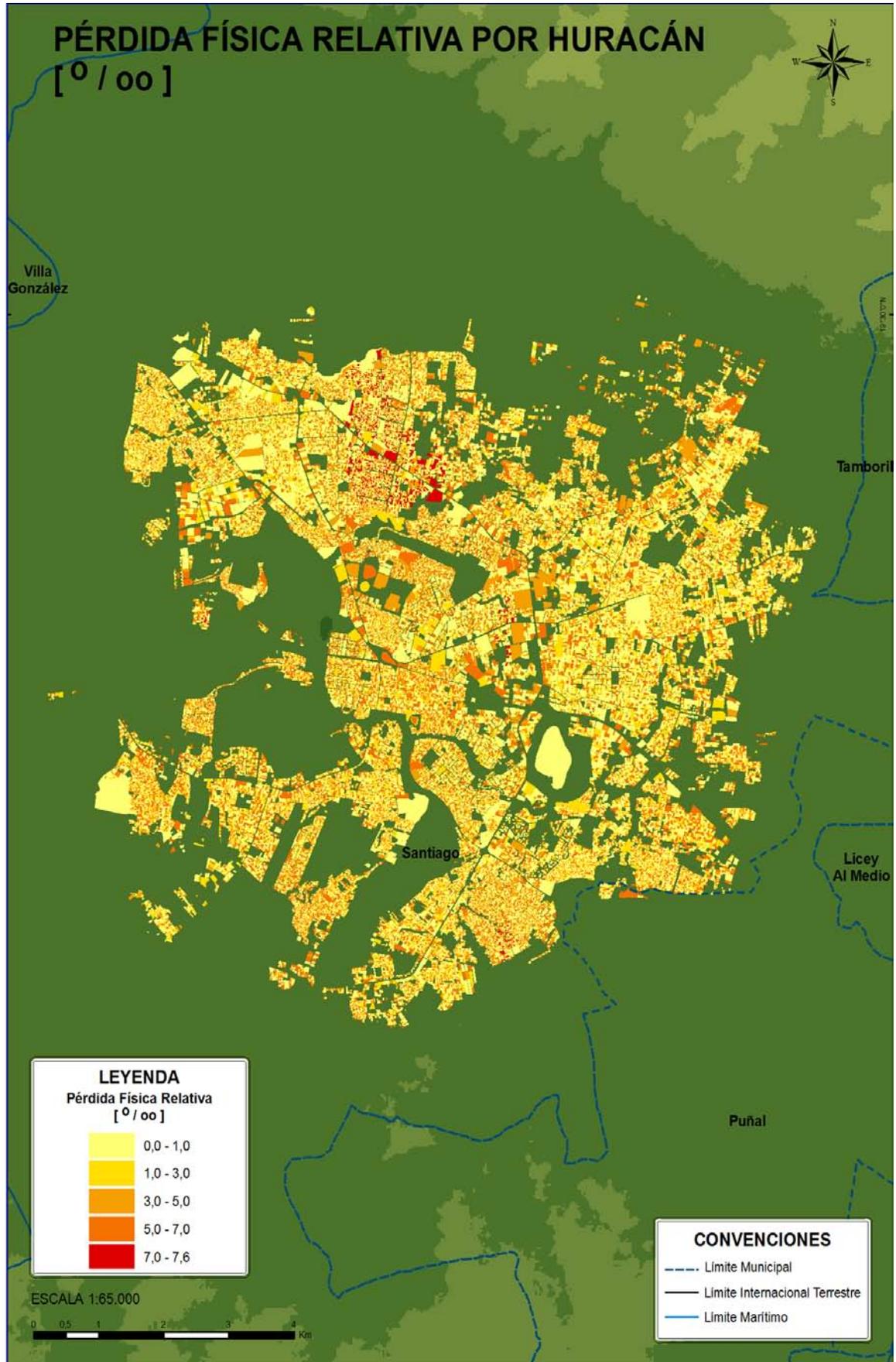
Mapa 56 Pérdida anual esperada por sismo (%)



Mapa 57 Pérdida anual esperada por huracán (Valor)



Mapa 58 Pérdida anual esperada por huracán (%)



## 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, en estos dos casos barrios, permitiendo identificar aquellas que presentan el mayor riesgo físico, pero también aquellas que presentan condiciones sociales, económicas y/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 local es necesario contar con información acerca de los daños y pérdidas potenciales en los elementos expuestos en términos de edificaciones (personas afectadas, daños en edificaciones, acceso a centros hospitalarios y disponibilidad de áreas verdes entre otros). 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 en cada una de las ciudades analizadas. 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 pérdidas 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 exacerbaban 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.

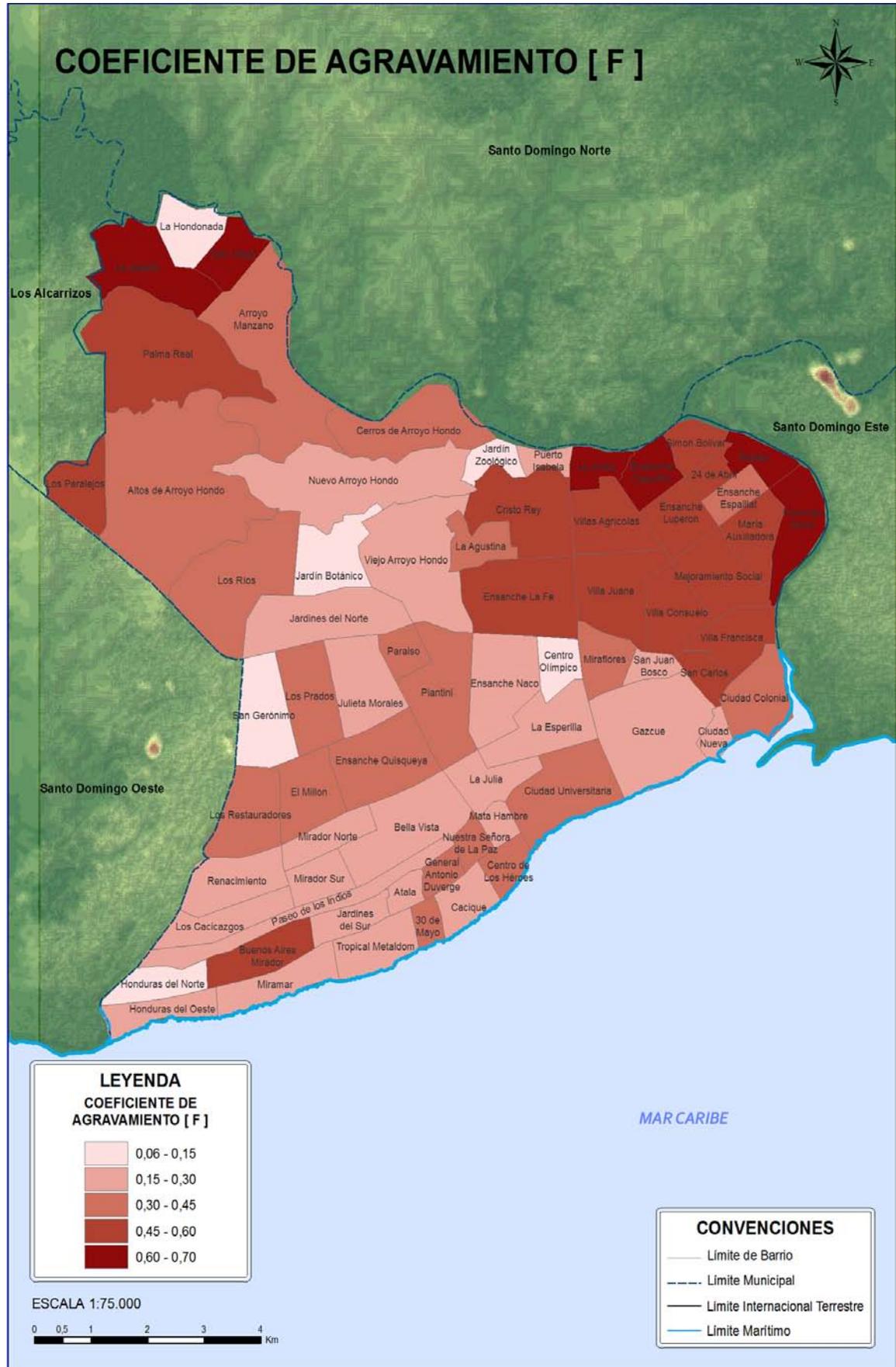
Para la evaluación holística del riesgo tanto del Distrito Nacional como de Santiago de Los Caballeros, se tuvo como base los resultados de riesgo físico así y una serie de variables que caracterizan aspectos sociales y del contexto de los departamentos del país que se reflejan en el coeficiente de agravamiento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

## Evaluación holística del riesgo en el Distrito Nacional

Los mapas 59 a 61 presentan los resultados de riesgo físico (RF), coeficiente de agravamiento (F) y riesgo total (RT) para los barrios del Distrito Nacional.



Mapa 60 Coeficiente de agravamiento (F) para los barrios del Distrito Nacional





## Conclusiones para el Distrito Nacional

En el caso del Distrito Nacional es posible ver como el barrio Ciudad Colonial presenta un índice de Riesgo Físico muy alto, siendo el único barrio en este nivel, con las aportaciones más notables de pérdidas en el sector institucional e industrial, fallecidos y heridos. Centro de los Héroes presenta un nivel alto de riesgo físico, debido a las pérdidas calculadas para heridos, fallecidos y en el sector residencial. En total 34 barrios presentan un nivel de riesgo físico medio-alto, en los cuales las pérdidas más notorias fueron las calculadas de personas fallecidas y heridas. Por otro lado, 19 barrios un nivel medio-bajo y 15 barrios un nivel bajo.

En cuanto al coeficiente de agravamiento, los barrios San Diego, Domingo Sabio y La Zurza presentan un nivel de agravamiento muy alto, lo que significa las condiciones más débiles en cuanto a fragilidad social y falta de resiliencia, siendo más notable los problemas de hacinamiento, marginalidad y la falta de áreas de espacio público. Los barrios de Cristo Rey, Mejoramiento Social, Simón Bolívar, Villas Agrícolas, Palma Real, Ensanche Capotillo, La Isabela y Gualey presentan un nivel alto de agravamiento, presentando notables problemas relacionados de hacinamiento, violencia, falta de espacio público. En total, 13 barrios presentan un nivel medio-alto, 33 barrios tienen un nivel medio-bajo y 13 barrios presentan un nivel bajo de agravamiento.

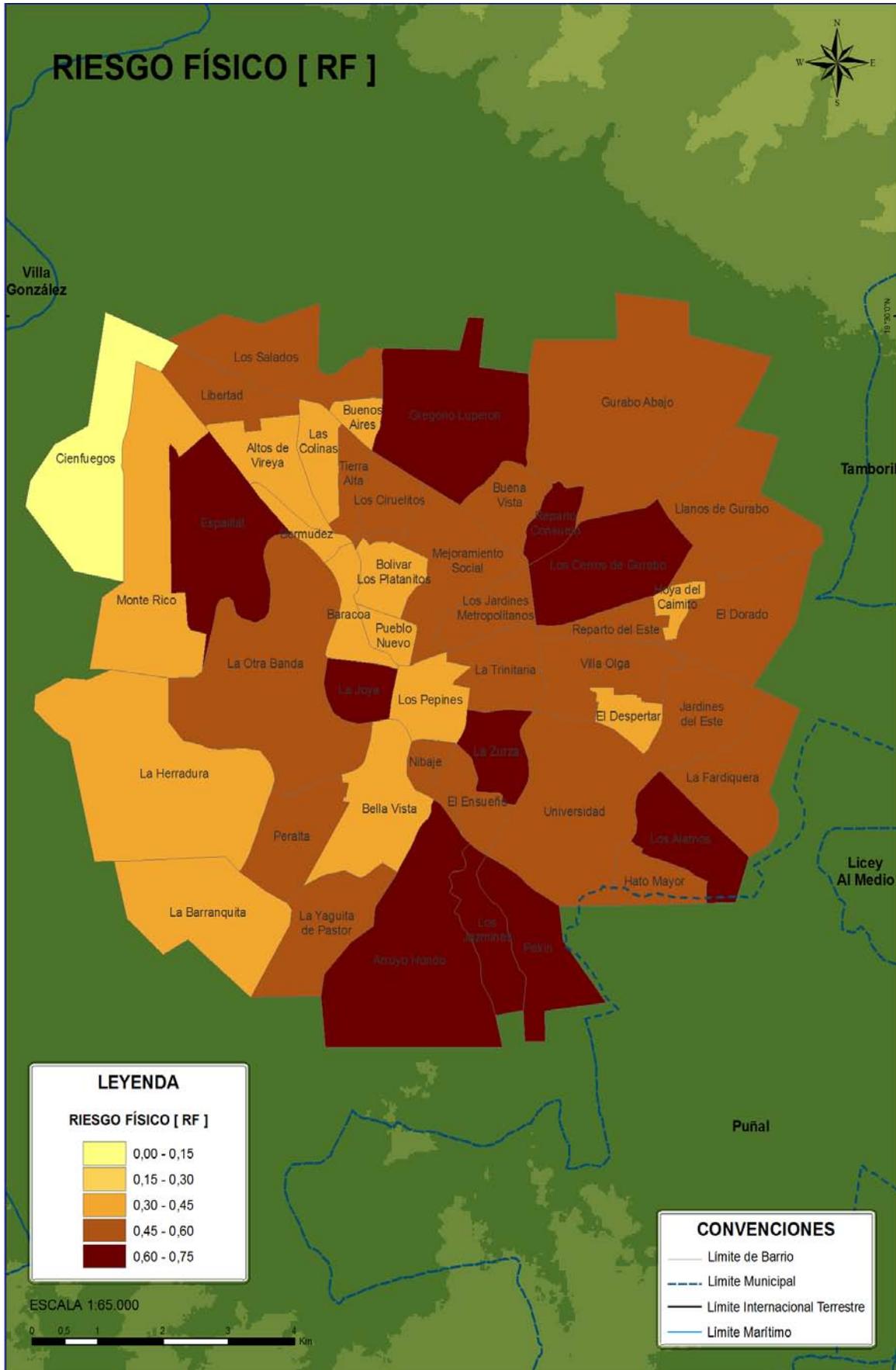
Al calcular el índice de riesgo total se observa que el barrio Ciudad Colonial presenta un nivel de riesgo total alto; y Centro de los Héroes un nivel medio-alto. Finalmente 48 barrios tienen un nivel de riesgo total medio-bajo, y 20 barrios un nivel bajo.

En general, los indicadores que agravan más el riesgo para la mayoría de los barrios son el hacinamiento y el área de parques o espacio público (ausencia) que puede ser utilizado potencialmente para la respuesta en caso de desastre.

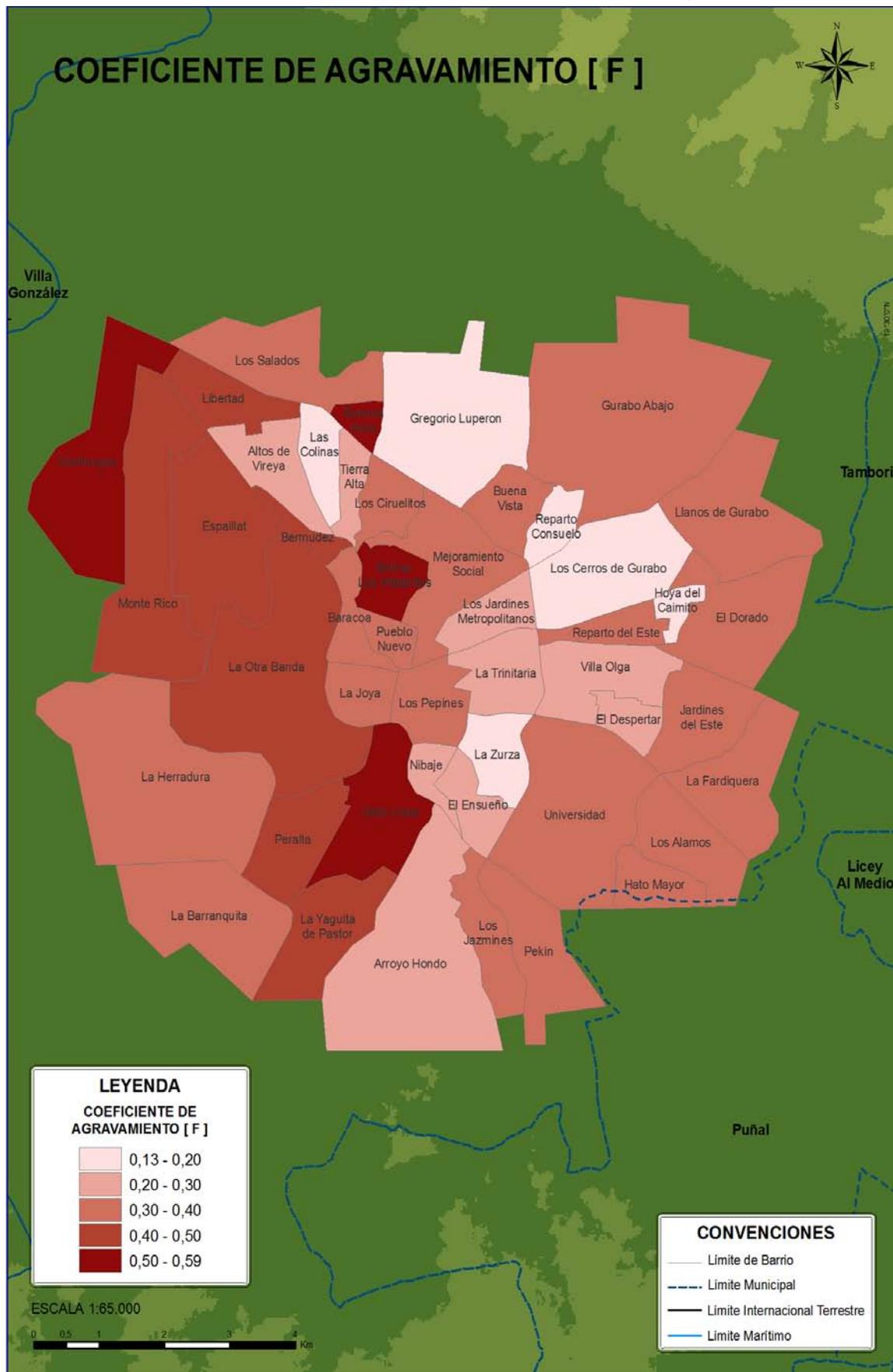
## Evaluación holística del riesgo en Santiago de Los Caballeros

Los mapas 62 a 64 presentan los resultados de riesgo físico (RF), coeficiente de agravamiento (F) y riesgo total (RT) para los barrios de Santiago de Los Caballeros.

Mapa 62 Riesgo físico (RF) para los barrios de Santiago de Los Caballeros



Mapa 63 Coeficiente de agravamiento (F) para los barrios de Santiago de Los Caballeros



Mapa 64 Riesgo total (RT) para los barrios de Santiago de Los Caballeros



## Conclusiones para Santiago de Los Caballeros

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.

En el caso de la ciudad de Santiago, los resultados obtenidos reflejan una situación de mayor riesgo que en el Distrito Nacional. Con un nivel de riesgo físico muy alto se tienen 33 barrios, entre los casos más preocupantes están los barrios de Gregorio Luperón, Los Cerros de Gurabo, Pekín, Los Álamos, Espaillat, Los Jazmines, Reparto Consuelo, La Zurza, Arroyo Hondo y La Joya. Estos barrios presentan pérdidas humanas notables, tanto en personas fallecidas, heridas, sin hogar y sin trabajo. 13 barrios presentan un nivel alto. 2 barrios presentan riesgo físico bajo, Cienfuegos y La Arboleda.

En cuanto al nivel de agravamiento en Santiago se observa como sólo el barrio Bella Vista presenta un nivel de agravamiento alto, y ningún barrio presenta un nivel muy alto. Los problemas más notables identificados en Bella Vista son: el hacinamiento, la falta de espacio público, y la alta densidad de población. 11 barrios tienen un nivel medio-alto, 30 barrios un nivel medio-bajo y 6 barrios un nivel bajo de agravamiento.

Ya en cuanto al nivel de riesgo total, en Santiago, 23 barrios presentan un riesgo total muy alto, entre los que los casos más graves son: Espaillat, Los Álamos, Gregorio Luperón, Los Jazmines, Pekín, La Joya y Los Cerros de Gurabo. 21 barrios presentan un nivel alto, 2 barrios tienen un nivel medio-alto, y 2 barrios un nivel bajo.

En general, los indicadores que agravan más el riesgo para la mayoría de los barrios son el hacinamiento y el área de parques o espacio público (ausencia) que puede ser utilizado potencialmente para la respuesta en caso de desastre.

# 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 son 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 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 sismo 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 probab-

ilidad 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.

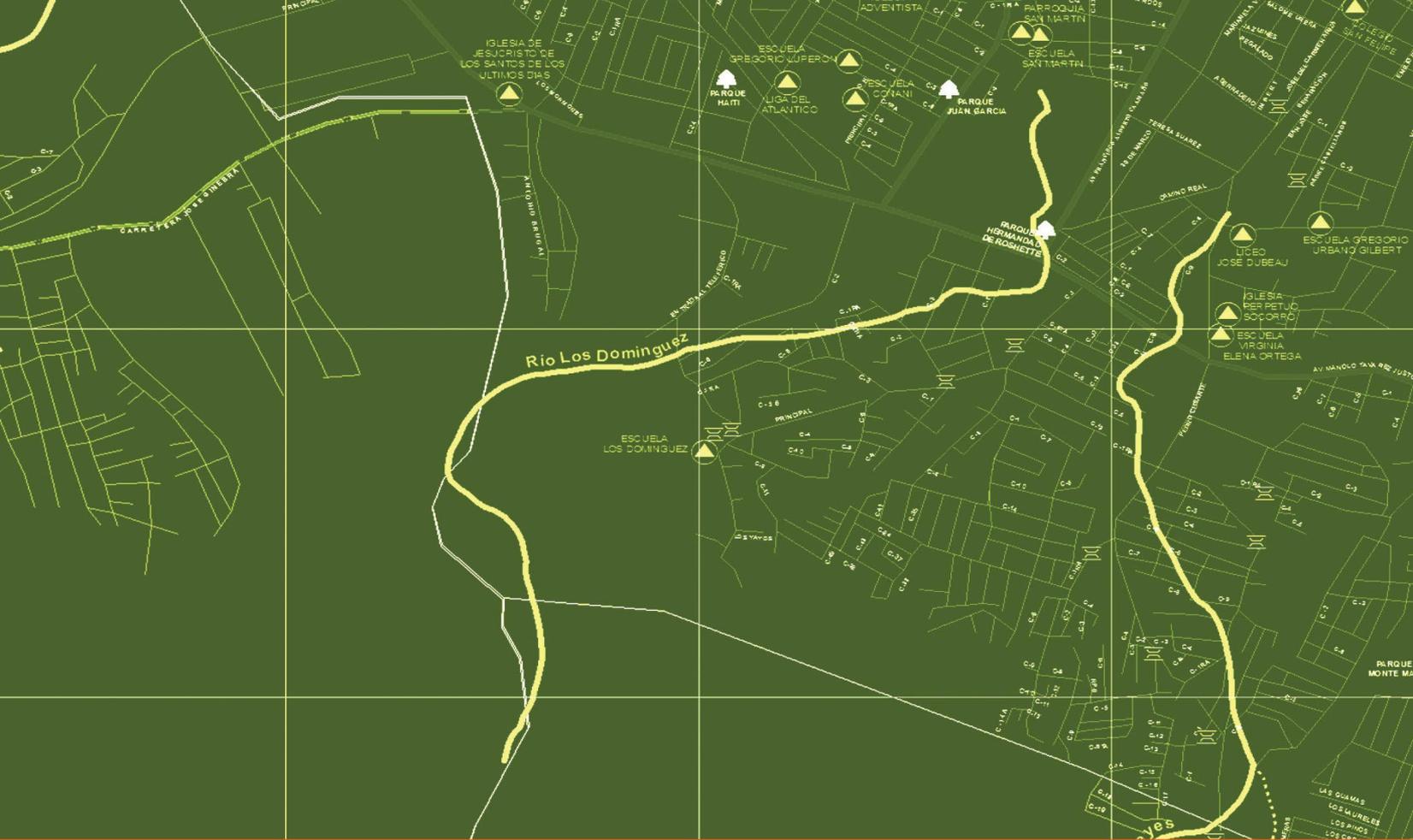
**SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACIÓN:** Cuando se aplica a la gestión de riesgos se refiere a la base de conocimiento sobre las amenazas, vulnerabilidades y riesgos, de vigilancia y alerta, de capacidad de respuesta y de procesos de gestión, al servicio de las instituciones y de la población; fundamental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

- REVISIÓN DE EVENTOS HISTÓRICOS Y DE ESTUDIOS DE AMENAZA EXISTENTES, INFORME 1.1
- SELECCIÓN DE MODELOS DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS, INFORME 1.2
- EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE LOS DATOS Y MODELACIÓN PROBABILISTA, INFORME 1.3
- MÓDULOS DE EVALUACIÓN DE AMENAZAS, BASES TÉCNICAS Y UTILIZACIÓN, INFORME 1.4
- EVALUACIÓN DE LA AMENAZA A NIVEL NACIONAL, INFORME 1.5
- CARACTERIZACIÓN, CLASIFICACIÓN Y VALORACIÓN DE ELEMENTOS EXPUESTOS, INFORME 2.1
- PROPUESTA DE FUNCIONES DE VULNERABILIDAD, INFORME 2.2
- MÓDULO DE FUNCIONES DE VULNERABILIDAD, BASES TÉCNICAS Y UTILIZACIÓN, INFORME 2.3
- MÓDULO DE EVALUACIÓN DEL RIESGO, BASES TÉCNICAS Y UTILIZACIÓN, INFORME 3.1
- MODELACIÓN PROBABILISTA DEL RIESGO CATASTRÓFICO, INFORME 3.2
- EVALUACIÓN HOLÍSTICA DEL RIESGO BASADA EN INDICADORES, INFORME 3.3
- ALTERNATIVAS DE INSTRUMENTOS FINANCIEROS, INFORME 3.4



PROGRAMA DE  
PREVENCIÓN  
DE DESASTRES  
Y GESTIÓN  
DE RIESGOS



## Amenazas y Riesgos Naturales REPÚBLICA DOMINICANA

### COMPENDIO DE MAPAS

Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD)

Dirección General de Ordenamiento y Desarrollo Territorial (DGODT)

César Nicolás Penson No. 48, Gazcue, Santo Domingo, D.N.  
República Dominicana.

Teléfono: 809.682.5170

[www.dgodt.gob.do](http://www.dgodt.gob.do)