Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica

OTCA
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica

PROYECTO gefamazonas
RECURSOS HÍDRICOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

gef

ONU programa para el medio ambiente

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação – CIP

A489a

Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO).

Atlas de vulnerabilidad hidroclimáticade la Región Amazónica / Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO). – Brasil, Brasília, DF: Amazon Cooperation Treaty Organization (ACTO), 2021.

162 p. il. Color. maps. ; 41x30 cm.

ISBN nº 978-85-61873-35-6

Incluye bibliografía.

1. Amazonas, region. **2.** Hidroclimática, vulnerabilidad. **3.** Atlas, Amazonas regíon. **4.** Geografía, información. **5.** Medio ambiente **6.** Qualidade de vida. **I.** José Daniel Pabón. **II.** Pilar Ycaza. **III.** Fanny Friend. **IV.** Diana Espinoza**. V.** Títle.

CDD – 912

Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica

1ª. EDICIÓN | EDITADO POR LA OTCA | BRASILIA, 2021

OTCA
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica

PROYECTO gefamazonas
RECURSOS HÍDRICOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

gef

ONU programa para el medio ambiente

Secretaría Permanente de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (SP/OTCA)

Alexandra María Moreira López
Secretaria General

Carlos Alfredo Lazary
Director Ejecutivo

Carlos Salinas
Director Administrativo

Frida Montalvan
Asesora de Comunicación

Agradecimientos especiales a:

María Jacqueline Mendoza Ortega,
Ex Secretaria General de la SP/OTCA.

César Augusto De las Casas Díaz,
Ex Director Ejecutivo de la SP/OTCA.

Antonio Matamoros,
Ex Coordinador de Medio Ambiente de la SP/OTCA.

Diego Pacheco, Asesor de la SP/OTCA.

Dirección:
SEPN 510, Bloco A, 3ºandar
Asa Norte, Brasilia, D.F.
CEP: 70750-521 Brasil
Tel.: +(55 61) 3248.4119
www.otca.info

Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN)

Rodney Martínez
Director Internacional

Autores:
José Daniel Pabón
Ex Director Internacional del CIIFEN

Pilar Ycaza
Jefa del Área de Servicios Geoespaciales

Fanny Friend
Especialista en Servicios Geoespaciales

Diana Espinoza
Especialista en Servicios Geoespaciales y Riesgo

Equipo Técnico de Apoyo:
Felipe Costa
Especialista en Servicios Climáticos

Elvis Flores
Edición de mapas

Los mapas fueron producidos y diseñados por el Departamento de Servicios Geoespaciales del **CIIFEN.**

Dirección:
Numa Pompilio Llona
Puerto Santa Ana, Ciudad del Río
Piso 19 Oficina 1904
Guayaquil - Ecuador
www.ciifen.org

© 2021. OTCA y CIIFEN
Todos los derechos reservados.

Se sugiere citar esta obra de la siguiente manera:
OTCA y CIIFEN (2021). Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica. Organización del Tratado de Cooperación Amazónica y Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, (Washington D.C.)

Isabelle van der Beck
Gerente de Programas

Proyecto OTCA/ONU Medio Ambiente/ GEF Amazonas–Recursos Hídricos y Cambio Climático (Brasilia)

María Apostolova
Coordinadora Regional

Norbert Fenzl
Coordinador Científico

María Eugenia Corvalán
Especialista en Comunicaciones, Edición final y producción editorial

Nilson Nogueira
Oficial Financiero y Administrativo

Marli Coriolano
Asistente Administrativa

Más información: http://gefamazonas.otca.info

Traducción del neerlandes al español:
Joost Stenfert, Stan Joosten, Raoul Tutein–Nolthenius y Roland Rubaij–Bouman, Universidad Técnica de Delft.

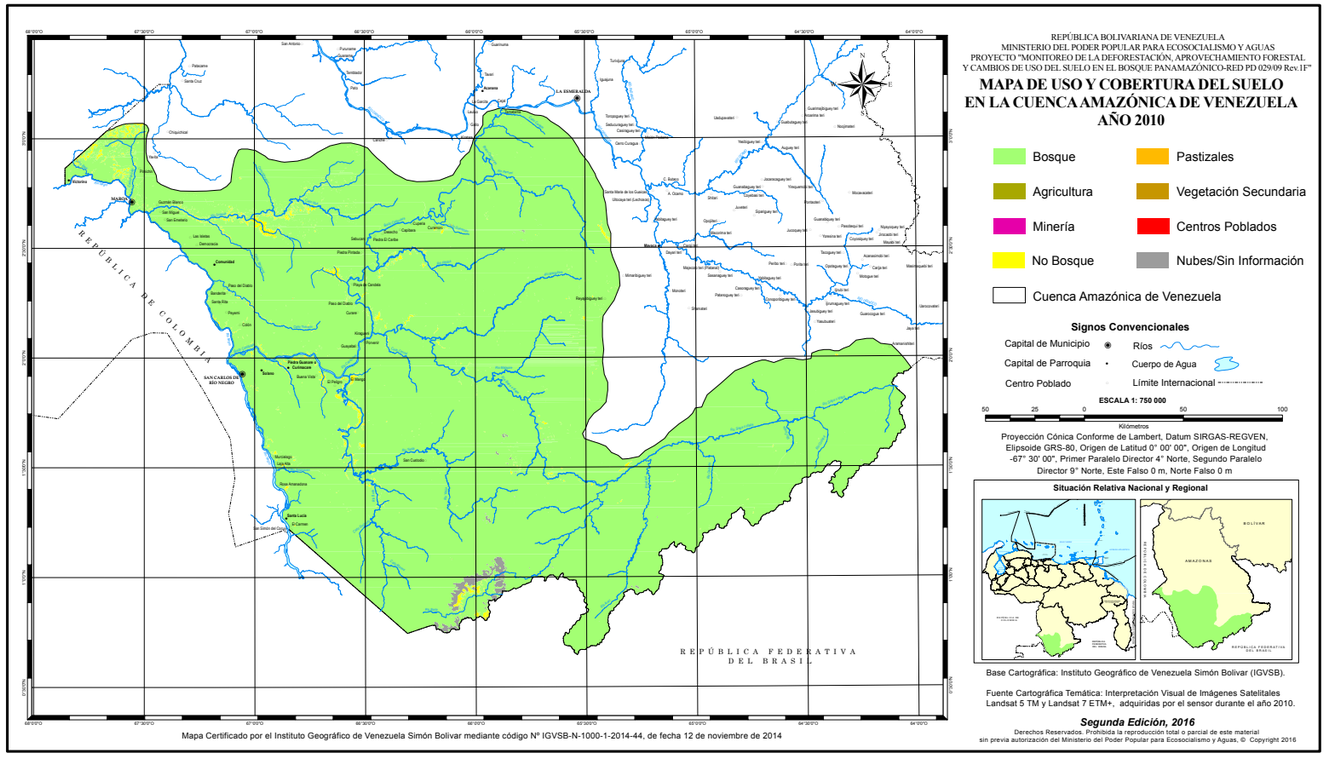
Diseño:
DUO Design

Impresión:
ATHALAIA Gráfica y Editora, Brasilia, Brasil.

Fotografía:
Banco de Imágenes de la OTCA
Sergio Amaral
Adriano Gambarini
Daniel Alarcón

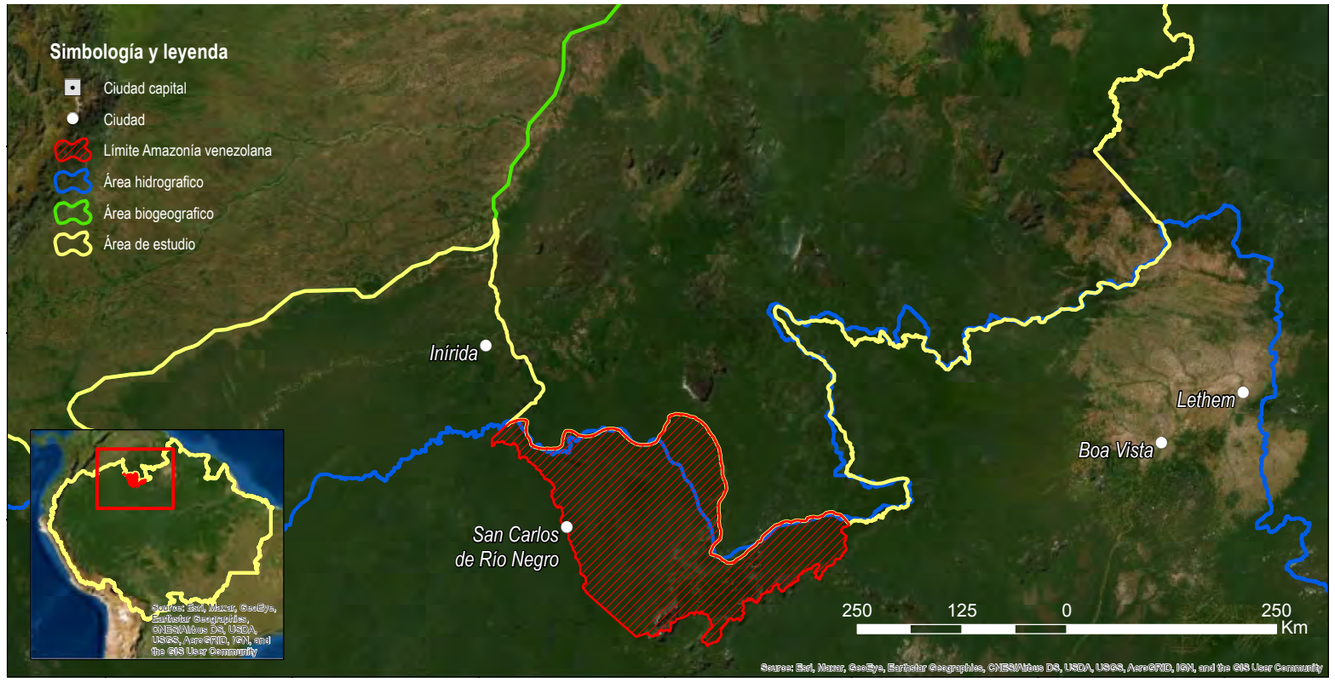
Exención de responsabilidad:

Las denominaciones e informaciones empleadas en esta publicación técnica de la OTCA, y la forma en que aparecen representados los datos, mapas, imágenes y cuadros que contienen información geográfica de los Países Miembros, no constituyen, juicio sobre cualesquiera otros Tratados o Actos Internacionales vigentes entre las Partes, ni sobre cualesquiera divergencias sobre límites o derechos territoriales que existan entre las Partes, ni podrá interpretarse o invocarse este documento para alegar aceptación o renuncia, afirmación o modificación, directa o indirecta, expresa o tácita, de las posiciones e interpretaciones que sobre estos asuntos sostenga cada Parte.



Nota de Venezuela:

En el caso de la República Bolivariana de Venezuela, se tomaron en consideración datos referentes al Brazo Casiquiare y Río Negro que corresponden a la Región Amazónica Venezolana.



El Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica

Es una realización del Proyecto OTCA/ONU Medio Ambiente/ GEF Amazonas–Manejo Integrado y Sostenible de los Recursos Hídricos Transfronterizos de la Cuenca del Río Amazonas, considerando la Variabilidad y el Cambio Climático.

Su producción se hizo bajo la dirección ejecutiva de la **Organización del Tratado de Cooperación Amazónica** (OTCA), a través de su Secretaría Permanente (SP), que coordina los procedimientos en el marco del Tratado de Cooperación Amazónica (TCA) y dinamiza la ejecución de sus decisiones. La OTCA lleva a cabo estudios y proyectos pilotos sobre las potencialidades económicas generadoras de renta y oportunidades para la Región Amazónica, proporcionando así la efectiva cooperación–integración de los 8 Países Miembros del Tratado: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela.

La OTCA tiene una amplia visión y trayectoria en procesos de cooperación Sur-Sur, al fortalecer la vocación de sus gobiernos para construir sinergias con otros actores, naciones, organismos multilaterales, agencias de fomento, movimientos sociales, comunidad científica, sectores productivos y la sociedad en su conjunto. Su trabajo es orientado por la Agenda Estratégica de Cooperación Amazónica (AECA), con un alcance de mediano plazo a ocho años para su implementación, aprobada por los Ministros de Relaciones Exteriores, en 2010. Este instrumento refleja las prioridades de los países amazónicos, de acuerdo con la realidad política y social de la Región.

El desarrollo del Atlas se llevó a cabo con la participación del **Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño (CIIFEN)**, el cual tiene como objetivo promover, complementar y emprender proyectos de investigación científica y aplicada necesarios para mejorar la comprensión y alerta temprana del fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENOS) y la variabilidad climática a escala regional. El fin es contribuir en la reducción de sus impactos socioeconómicos y generar bases sólidas para la generación de políticas de desarrollo sustentable, ante los nuevos escenarios climáticos existentes.

En esta investigación actuó como agencia de implementación el **PNUMA**, conocido también como **ONU Medio Ambiente**, que fue establecido en 1972 y es la voz del medio ambiente en el sistema de las Naciones Unidas. ONU Medio Ambiente actúa como catalizador, defensor, educador y facilitador para promover el uso sensato y el desarrollo sostenible del medio ambiente global. Su mandato es ser la autoridad ambiental líder en el mundo, que fija la agenda ambiental global, que promueve la aplicación coherente de las dimensiones ambientales del desarrollo sostenible en el marco del sistema de las Naciones Unidas, y que ejerce de defensor acreditado del medio ambiente global. Su misión es proporcionar liderazgo y alentar la participación en el cuidado del medio ambiente por medio de inspirar, informar y facilitar a las naciones y los pueblos los medios para mejorar su calidad de vida, sin comprometer la de las futuras generaciones.

Asimismo, el Atlas contó con el auspicio de la agencia financiadora **Global Environment Facility** (GEF, o **Fondo para el Medio Ambiente Mundial**–FMAM en español), el cual fue establecido en 1991, con el propósito de proveer donaciones y asistencia en proyectos que aporten a la protección de “beneficios ambientales globales”. En la actualidad, de los 182 países miembros del GEF, 39 son países donantes; los fondos se utilizan para financiar proyectos en una de las cinco ventanas del GEF: biodiversidad, aguas internacionales, degradación de tierra, ozono y contaminantes orgánicos persistentes.

ÍNDICE

¿CÓMO LEER EL ATLAS? ..... PÁG. 07

ÍNDICE CARTOGRÁFICO ..... PÁG. 08

PARTE I

ESTUDIO TÉCNICO PARA LA PRODUCCIÓN DEL ATLAS ..... PÁG. 14

PRESENTACIÓN ..... PÁG. 16

PRÓLOGO ..... PÁG. 17

INTRODUCCIÓN ..... PÁG. 18

1. BASE CONCEPTUAL Y METODOLÓGICA ..... PÁG. 20

1.1. Base Conceptual ..... PÁG. 21

1.1.1. Clima, Variabilidad Climática y Cambio climático ..... PÁG. 21

1.1.2. Patrones Climáticos Globales ..... PÁG. 22

1.1.3. Las Relaciones Clima–Ecosistemas y Clima–Sociedad ..... PÁG. 23

1.1.4. La Variabilidad Climática ..... PÁG. 25

1.1.5. El Cambio Climático ..... PÁG. 27

1.1.6. Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo Asociados a Eventos Meteorológicos e Hidroclimáticos Extremos ..... PÁG. 30

1.2. Base Metodológica ..... PÁG. 33

1.2.1. Área de Estudio ..... PÁG. 33

1.2.2. Aspectos Metodológicos Estructurales del Atlas ..... PÁG. 33

1.2.3. Caracterización Socioeconómica y Biofísica ..... PÁG. 34

1.2.3.1. Recopilación de la Información y Generación de la Geodatabase ..... PÁG. 34

1.2.3.2. Unidad de Análisis Espacial ..... PÁG. 35

1.2.3.3. Construcción de los Mapas Socioeconómicos ..... PÁG. 35

1.2.3.4. Construcción de los Mapas Biofísicos ..... PÁG. 37

1.2.3.5. Construcción de los Mapas Climatológicos ..... PÁG. 37

1.2.3.5.1. Precipitación Anual ..... PÁG. 37

1.2.3.5.2. Temperatura Media Anual ..... PÁG. 37

1.2.3.5.3. Evapotranspiración Real ..... PÁG. 37

1.2.3.5.4. Balance Hídrico ..... PÁG. 38

1.2.4. Metodología para el Análisis de Amenazas Hidroclimáticas ..... PÁG. 38

1.2.5. Metodología para la determinación de la Vulnerabilidad ..... PÁG. 38

1.2.5.1. Determinación de las Vulnerabilidades en la Región Amazónica ..... PÁG. 39

1.2.5.1.1. Construcción de Indicadores de Vulnerabilidad de los Sistemas Socioeconómicos ..... PÁG. 40

1.2.5.1.2. Construcción de Indicadores de Vulnerabilidad Biofísica ..... PÁG. 45

1.2.5.2. Cálculo de la Vulnerabilidad ..... PÁG. 47

1.2.5.2.1. Cálculo de la Vulnerabilidad de los Sistemas Socioeconómicos ..... PÁG. 47

1.2.5.2.2. Cálculo de la Vulnerabilidad Biofísica ..... PÁG. 48

1.2.5.3. Representación de la Vulnerabilidad, la Sensibilidad y la Capacidad de Adaptación ..... PÁG. 49

ÍNDICE

2. DESCRIPCIÓN DE LA REGIÓN AMAZÓNICA ..... PÁG. 50

2.1. Aspectos Biogeofísicos ..... PÁG. 51

2.1.1. El Relieve (Orografía) ..... PÁG. 51

2.1.2. Los Suelos ..... PÁG. 51

2.1.2.1. Clasificación por Tipo de Suelos ..... PÁG. 51

2.1.2.2. Clasificación de los Suelos de la Región Amazónica por su Textura ..... PÁG. 52

2.1.2.3. Aptitud del Suelo en la Región Amazónica ..... PÁG. 52

2.1.3. El Clima ..... PÁG. 52

2.1.3.1. La Temperatura del aire ..... PÁG. 52

2.1.3.2. La Precipitación ..... PÁG. 53

2.1.3.3. La Evapotranspiración ..... PÁG. 53

2.1.3.4. Balance hídrico climático ..... PÁG. 53

2.1.3.5. Las Zonas climáticas ..... PÁG. 53

2.1.3.6. Clasificación Climática de Köppen ..... PÁG. 53

2.1.3.7. La Variabilidad Climática en la Región Amazónica .. PÁG. 53

2.1.3.8. El Cambio Climático en la Región Amazónica ..... PÁG. 54

2.1.4. La Vegetación, los Ecosistemas y Biomas de la Región Amazónica ..... PÁG. 56

2.1.5. La Red Hidrográfica ..... PÁG. 57

2.2. El Componente Social y Económico ..... PÁG. 58

2.2.1. La Población ..... PÁG. 58

2.2.1.1. El Cambio Poblacional ..... PÁG. 59

2.2.1.2. Índice de Dependencia por Edad ..... PÁG. 59

2.2.1.3. Índice de Analfabetismo ..... PÁG. 60

2.2.1.4. La Pobreza en la Región Amazónica ..... PÁG. 60

2.2.2. Actividades económicas ..... PÁG. 60

2.2.2.1. La Actividad agropecuaria ..... PÁG. 61

2.2.2.1.1. Población económicamente activa (PEA) con dedicación a actividades agropecuarias ..... PÁG. 62

2.2.2.1.2. Población económicamente activa (PEA) en actividades alternativas ..... PÁG. 62

2.3 Descripción de las Infraestructuras ..... PÁG. 63

2.3.1. La Infraestructura de Salud ..... PÁG. 63

2.3.2. Los Establecimientos Educativos ..... PÁG. 63

2.3.3. La Infraestructura de Movilidad ..... PÁG. 63

2.3.4. La Infraestructura Eléctrica ..... PÁG. 63

2.4. El Medio Ambiente ..... PÁG. 64

2.4.1. Áreas Protegidas ..... PÁG. 64

3. LAS AMENAZAS HIDROCLIMÁTICAS ..... PÁG. 66

3.1. Análisis de los Desastres más Recurrentes en la Región Amazónica ..... PÁG. 67

3.2. Las Amenazas por Sequías e Inundaciones ..... PÁG. 68

4. VULNERABILIDAD HIDROCLIMÁTICA ..... PÁG. 70

4.1. Vulnerabilidad Socioeconómica ..... PÁG. 71

4.2. Vulnerabilidad Biofísica ..... PÁG. 72

4.3. Mapeo Integrado de la Vulnerabilidad Hidroclimática ..... PÁG. 72

5. CONCLUSIONES ..... PÁG. 74

5.1. El Cambio Climático en la Región Amazónica ..... PÁG. 75

5.2. La Variabilidad Climática en la Región Amazónica: Amenazas hidroclimáticas, Tipos e Incidencia ..... PÁG. 75

5.3. La Vulnerabilidad Hidroclimática ..... PÁG. 76

5.3.1. Vulnerabilidad Integral ante Sequías ..... PÁG. 76

5.3.2. Vulnerabilidad Integral ante Inundaciones ..... PÁG. 76

PARTE II

EL ATLAS ..... PÁG. 78

PARTE III

FUENTES DE INFORMACIÓN ..... PÁG. 140

Puntos Focales del Proyecto OTCA/ONU Medio Ambiente/GEF-Amazonas- Recursos Hídricos y Cambio Climático ..... PÁG. 142

Lista de Tablas ..... PÁG. 143

Lista de Figuras ..... PÁG. 144

Lista de Mapas ..... PÁG. 145

Fuentes de Información ..... PÁG. 147

Siglas ..... PÁG. 148

Símbolos y abreviaturas ..... PÁG. 149

Glosario ..... PÁG. 150

Bibliografía ..... PÁG. 159

¿Cómo leer el Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica?

Bienvenido al Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica (en adelante Atlas). Contiene una colección de 60 mapas temáticos, con información validada para los tomadores de decisión de los Países Miembros de la OTCA, el sector académico, instituciones públicas y privadas, y sociedad civil.

Al inicio del libro, se presenta el índice cartográfico, donde podrá dar una mirada panorámica de los mapas, una síntesis visual de esta colección para familiarizarse con los temas más importantes sobre nuestra Región.

En la **PARTE I**, se explica cómo se creó el Atlas. Comienza con una amplia descripción biogeofísica de la Región Amazónica. A continuación, se presenta la metodología aplicada para construir los mapas hidroclimatológicos, analizar las amenazas climáticas y así determinar la vulnerabilidad, la sensibilidad y la capacidad de adaptación que tienen los ecosistemas y las poblaciones frente al cambio climático.

En la **PARTE II**, se presenta el Atlas propiamente dicho. Cada mapa temático es una unidad informativa técnica y científica, explícita y clara. La secuencia desde el **MAPA 1. LÍMITES DE LA REGIÓN AMAZÓNICA** hasta el **MAPA 60. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD INTEGRAL ANTE INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, lo llevará a comprender más de cerca esta Región. Se hace un recorrido por temas fundamentales, como la riqueza del relieve, del suelo, su aptitud agrícola, su rica vegetación y su variedad de climas. Este viaje al interior de los mapas lo llevará a conocer además, la situación de las poblaciones amazónicas, a partir de los tipos de economía que se desarrollan en la Región, la infraestructura de salud, de educación y de sus redes viales.

De esta forma, se presentan los aspectos específicos de los eventos hidroclimáticos extremos que se dan en nuestra Región como las inundaciones y las sequías, la vulnerabilidad hidroclimática de la Región Amazónica, que resulta de la interacción entre la vulnerabilidad socioeconómica y vulnerabilidad biofísica, que es el objetivo principal de esta investigación y del Atlas.

Finalmente, en la **PARTE III**, encontrará las fuentes de información consultadas.

Esperamos que el Atlas como una obra técnica y científica contada en forma sencilla le permita mejorar la comprensión de la Región Amazónica y aumentar su compromiso para cuidarla.

También lo invitamos a compartir esta información para la toma de decisiones en su localidad, a considerar el Atlas como una base para nuevos estudios y para la construcción de acciones para la adaptación y mitigación de impactos asociados a las sequías e inundaciones en la Región.

ÍNDICE CARTOGRÁFICO

MAPA 1. Límites de la Región Amazónica ..... **PÁG. 80**

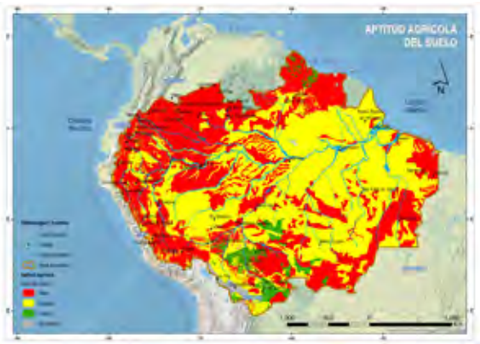
MAPA 2. Límite del área de estudio ..... **PÁG. 81**

MAPA 3. Relieve de la Región Amazónica ..... **PÁG. 82**

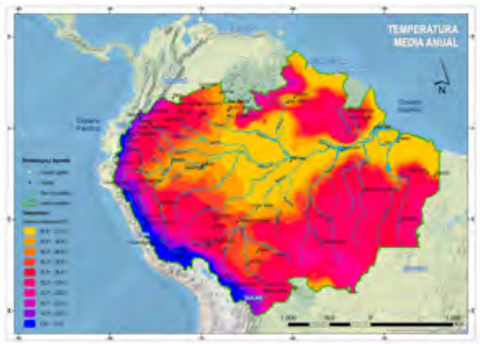
MAPA 4. Clasificación taxonómica del suelo de la Región Amazónica ..... **PÁG. 83**

MAPA 5. Textura del suelo de la Región Amazónica ..... **PÁG. 84**

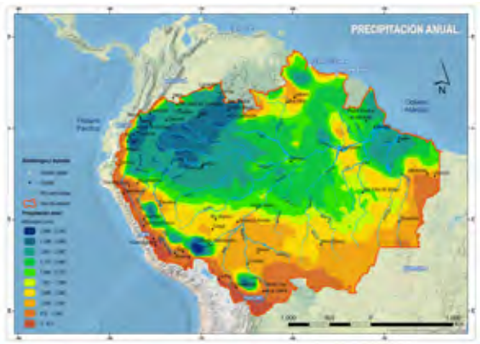
MAPA 6. Aptitud agrícola del suelo de la Región Amazónica ..... **PÁG. 85**



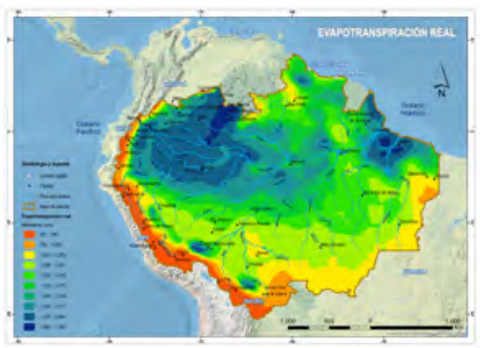
MAPA 7. Temperatura media anual en la Región Amazónica ..... **PÁG. 86**



MAPA 8. Precipitación anual en la Región Amazónica ..... **PÁG. 87**



MAPA 9. Evapotranspiración Real de la Región Amazónica ..... **PÁG. 88**



MAPA 10. Balance hídrico de la Región Amazónica ..... **PÁG. 89**

MAPA 11. Clasificación climática de Köppen para la Región Amazónica ..... **PÁG. 90**

MAPA 12. Tipo de vegetación de la Región Amazónica ..... **PÁG. 91**

ÍNDICE CARTOGRÁFICO

MAPA 13. Ecorregiones de la Región Amazónica ..... **PÁG. 92**

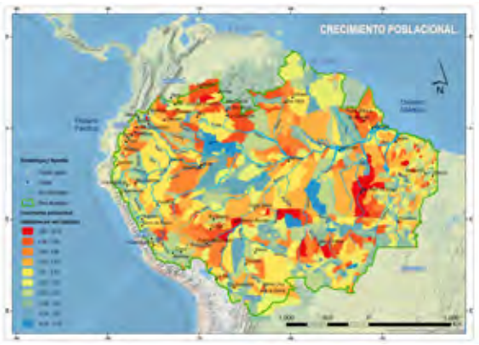
MAPA 14. Red hídrica principal de la Región Amazónica ..... **PÁG. 93**

MAPA 15. Unidades hidrográficas Nivel 4 de la Región Amazónica ..... **PÁG. 94**

MAPA 16. Densidad poblacional en la Región Amazónica ..... **PÁG. 95**

MAPA 17. Territorios indígenas de la Región Amazónica ..... **PÁG. 96**

MAPA 18. Crecimiento poblacional en la Región Amazónica ..... **PÁG. 97**



MAPA 19. Índice de dependencia por edad en la Región Amazónica ..... **PÁG. 98**

MAPA 20. Tasa de analfabetismo en la Región Amazónica ..... **PÁG. 99**

MAPA 21. Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en la Región Amazónica ..... **PÁG. 100**

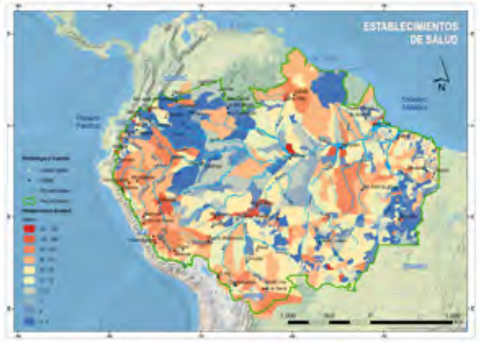
MAPA 22. Áreas agropecuarias en la Región Amazónica ..... **PÁG. 101**

MAPA 23. Población económicamente activa con dedicación agropecuaria en la Región Amazónica ..... **PÁG. 102**

MAPA 24. Población económicamente activa con actividades alternas a la agricultura en la Región Amazónica..... **PÁG. 103**

ÍNDICE CARTOGRÁFICO

MAPA 25. Distribución de los establecimientos de salud en la Región Amazónica ..... **PÁG. 104**



MAPA 26. Distribución de centros educativos en la Región Amazónica ..... **PÁG. 105**

MAPA 27. Red de carreteras principales de la Región Amazónica ..... **PÁG. 106**

MAPA 28. Red de carreteras secundarias de la Región Amazónica ..... **PÁG. 107**

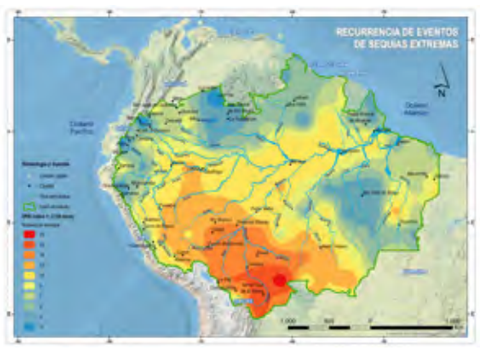
MAPA 29. Red de hidrovías de la Región Amazónica ..... **PÁG. 108**

MAPA 30. Eje vial multimodal Manta-Manaos ..... **PÁG. 109**

MAPA 31. Infraestructura eléctrica de la Región Amazónica ..... **PÁG. 110**

MAPA 32. Distribución de las Áreas Protegidas en la Región Amazónica ..... **PÁG. 111**

MAPA 33. Recurrencia de eventos de sequías extremas en la Región Amazónica .....**PÁG. 112**



MAPA 34. Recurrencia de eventos de humedad extrema en la Región Amazónica ..... **PÁG. 113**

MAPA 35. Localización de las zonas inundables en la Región Amazónica..... **PÁG. 114**

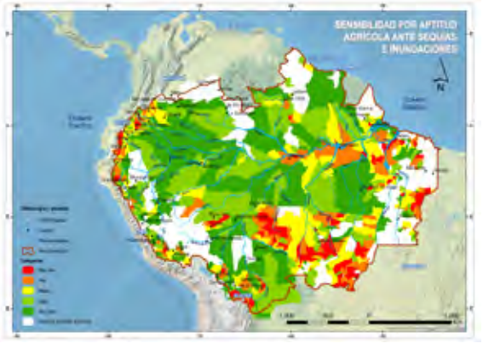
MAPA 36. Amenaza de las áreas agropecuarias por sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 115**

MAPA 37. Amenaza de los centros poblados por sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 116**

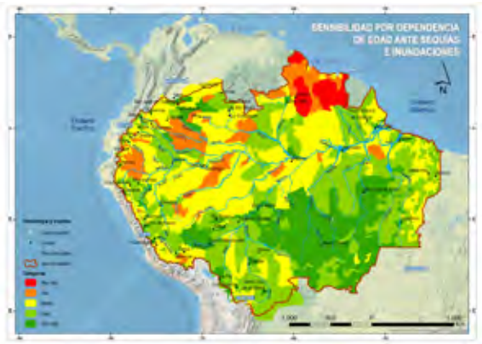
MAPA 38. Amenaza de las áreas agropecuarias por inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 117**

MAPA 39. Amenaza de los centros poblados por inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 118**

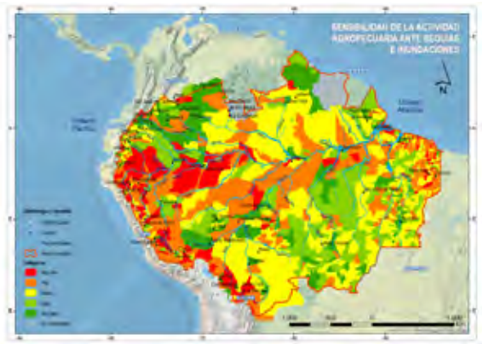
MAPA 40. Sensibilidad por aptitud agrícola ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 119**



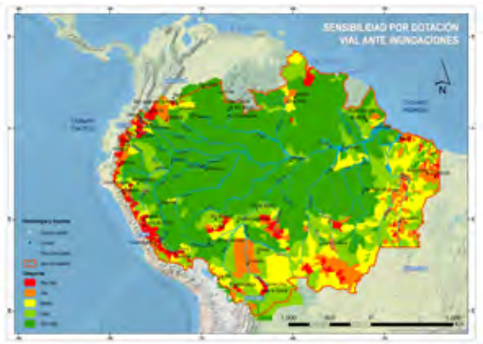
MAPA 41. Sensibilidad por dependencia de edad ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 120**



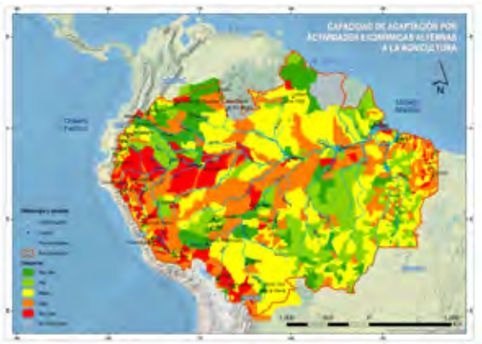
MAPA 42. Sensibilidad de la actividad agropecuaria ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 121**



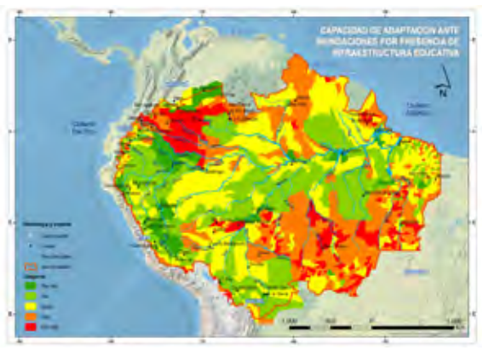
MAPA 43. Sensibilidad por dotación vial ante inundaciones en la Región Amazónica..... **PÁG. 122**



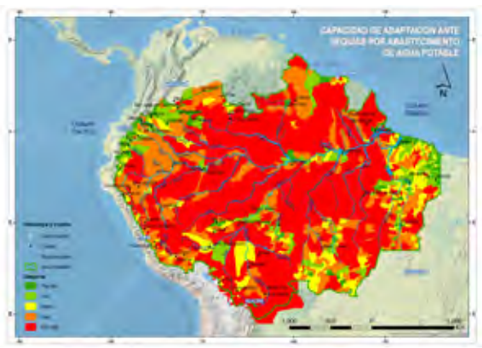
MAPA 44. Capacidad de adaptación socioeconómica ante inundaciones y sequías por actividades económicas alternas a la agricultura en la Región Amazónica .. **PÁG. 123**



MAPA 45. Capacidad de adaptación socioeconómica ante inundaciones por presencia de infraestructura educativa de la Región Amazónica ..... **PÁG. 124**

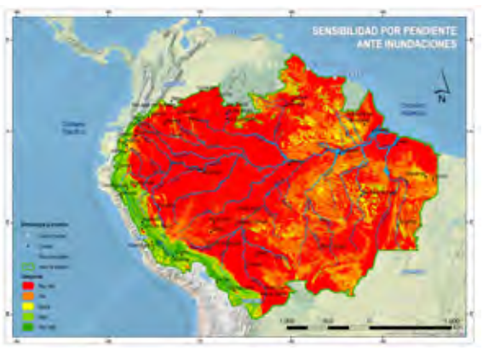


MAPA 46. Capacidad de adaptación socioeconómica ante sequías por abastecimiento de agua potable en la Región Amazónica ..... **PÁG. 125**



MAPA 47. Sensibilidad biofísica por pendiente del terreno ante sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 126**

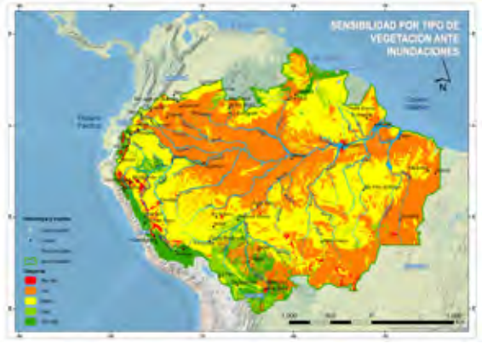
MAPA 48. Sensibilidad biofísica por pendiente del terreno ante inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 127**



ÍNDICE CARTOGRÁFICO

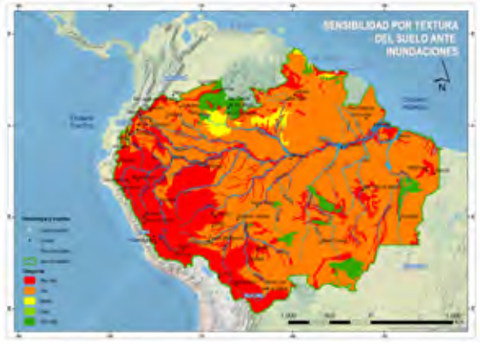
MAPA 49. Sensibilidad biofísica por tipo de vegetación ante sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 128**

MAPA 50. Sensibilidad biofísica por tipo de vegetación ante inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 129**

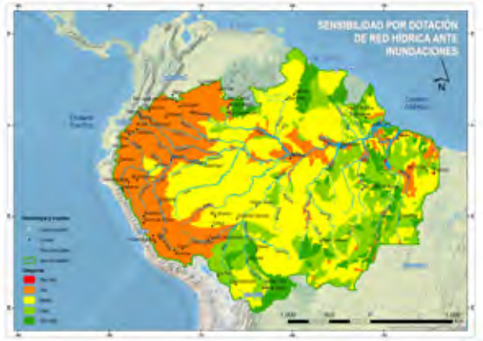


MAPA 51. Sensibilidad biofísica por textura del suelo ante sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 130**

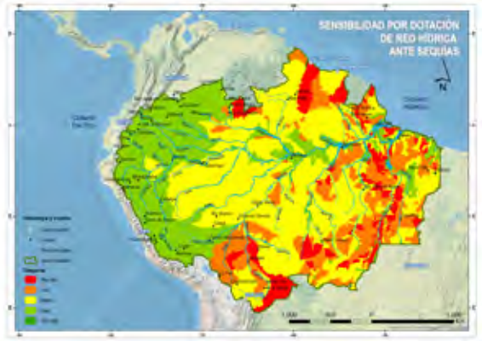
MAPA 52. Sensibilidad biofísica por textura del suelo ante inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 131**



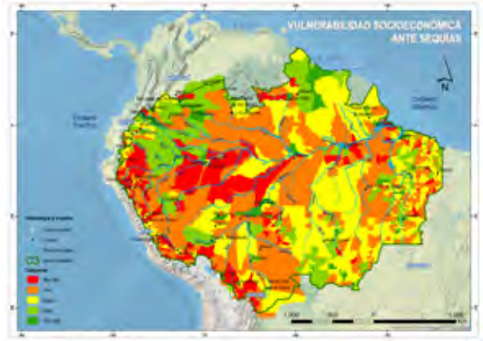
MAPA 53. Sensibilidad biofísica por dotación de red hídrica ante inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 132**



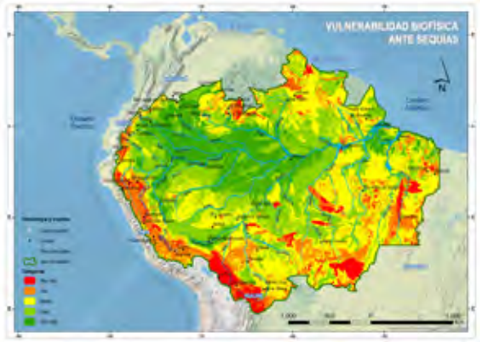
MAPA 54. Sensibilidad biofísica por dotación de red hídrica ante sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 133**



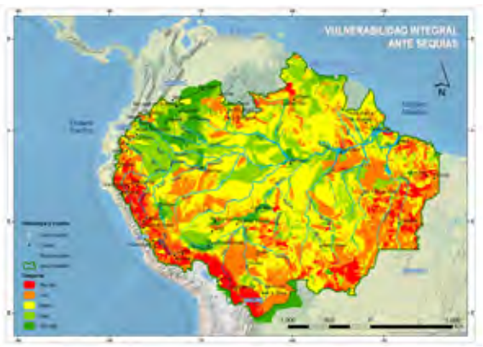
MAPA 55. Distribución espacial de la vulnerabilidad socioeconómica ante sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 134**



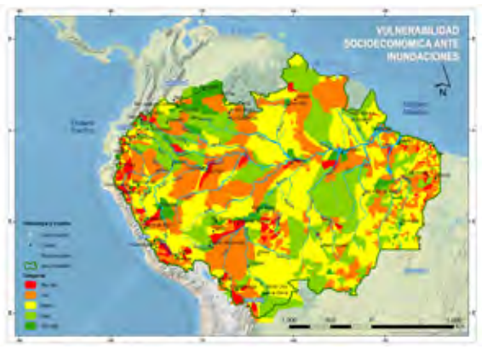
MAPA 56. Distribución espacial de la vulnerabilidad biofísica ante sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 135**



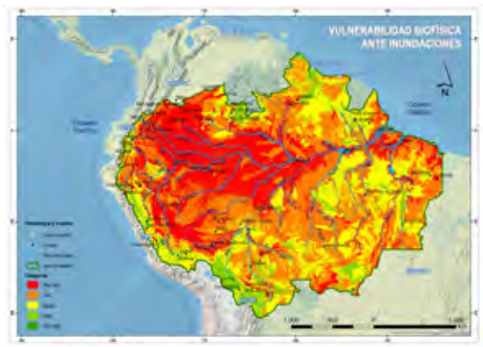
MAPA 57. Distribución espacial de la vulnerabilidad integral ante sequías en la Región Amazónica ..... **PÁG. 136**



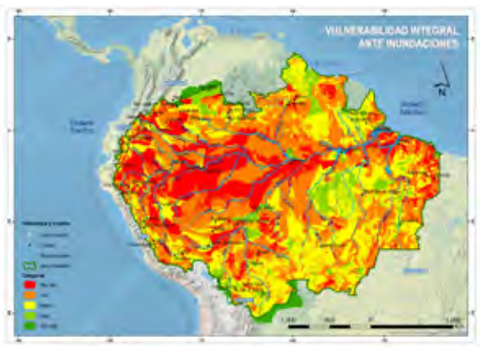
MAPA 58. Distribución espacial de la vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 137**



MAPA 59. Distribución espacial de la vulnerabilidad biofísica ante inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 138**



MAPA 60. Distribución espacial de la vulnerabilidad integral ante inundaciones en la Región Amazónica ..... **PÁG. 139**



PARTE

I

Estudio técnico para la producción del Atlas

Presentación

Esta colección de 60 Mapas temáticos que conforman el Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica, tiene como principal objetivo contribuir al conocimiento y comprensión del territorio amazónico, profundizando aspectos referidos a la vulnerabilidad socioeconómica, vulnerabilidad física de la Región y la exposición a eventos climáticos extremos como las sequías e inundaciones.

Para construir el Atlas se trabajó, principalmente, con los datos suministrados por los 8 Países Miembros de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela.

El presente documento comprende la caracterización y análisis de los sistemas biofísicos y humanos de la Región Amazónica y la identificación de las principales amenazas hidroclimáticas, como las sequías e inundaciones en los sitios específicos de ocurrencia. Sobre la caracterización socioeconómica y biofísica de la Región se hicieron 30 mapas temáticos, cada uno mostrando una variable específica. Del ámbito biofísico, se muestra el relieve y se logra entender su relación con la diversidad de climas, así se visibilizan 21 tipos de suelos, diversidad de climas, de vegetación y la enorme red hidrográfica, entre otros asuntos.

Los principales indicadores socioeconómicos están detallados en cada uno de los mapas, permitiendo identificar, de esta manera, la población, sus principales actividades económicas, la infraestructura en salud, educación, energía, entre otros. También se puede observar en un sólo mapa, la red vial multimodal, que inicia em la Región Andina hasta la desembocadura del río Amazonas en el Atlántico.

Para efectuar la estimación de la vulnerabilidad en la que se encuentra la Región Amazónica se aplicó el marco teórico sobre vulnerabilidad, exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación a dichos eventos, así como la metodología del IPCC, construyendo de esta manera 15 mapas específicos que exponen la sensibilidad tanto a nivel biofísico como socioeconómico. También se generaron los mapas de Sensibilidad biofísica por tipo de vegetación, por textura de suelo, por dotación de red hídrica, por aptitud agrícola, dependencia de edad, por actividad agropecuaria y por dotación vial. Para intentar comprender la magnitud de los eventos hidroclimáticos extremos se crearon 4 mapas que muestran las amenazas de sequías e inundaciones.

Uno de los resultados del trabajo efectuado fue observar que las inundaciones generan el 50% de los desastres en la Región, por lo cual se hizo el estudio y el cálculo de las vulnerabilidades que dieron origen a los mapas de Distribución espacial de la vulnerabilidad, tanto biofísica como socioeconómica ante inundaciones en la Región, y se obtuvo el producto que suma ambas vulnerabilidades, dando como resultado final el Mapa 60 (Distribución espacial de la vulnerabilidad integral ante inundaciones en la Región Amazónica). Este mapa resume las vulnerabilidades biofísicas y socioeconómicas ante las inundaciones, que es el principal problema que afecta la Región.

Los mapas temáticos representan de manera específica los diferentes grados de sensibilidad de los aspectos biofísicos y socioeconómicos al cambio climático, así como las capacidades de adaptación al cambio climático. La información que se presenta en el Atlas muestra la variedad hidrológica, ambiental, social y económica de la Región Amazónica y se pueden identificar los lugares principales em los cuales se concentran las amenazas.

Otro de los importantes aportes, es la clasificación climática de Köppen para la Región Amazónica (Mapa 11), en la que se identificaron 14 tipos de climas, evidenciando a su vez que el fator clima genera las diferentes interrelaciones entre los factores físicos y la presencia de los organismos vivos. También se complementa este segmento, con el análisis de los componentes del clima, lo cual género los mapas sobre temperatura (Mapa 7), precipitación anual (Mapa 8) y la evapotranspiración real de la Región (Mapa 9), sumado al estudio de la influencia de los fenómenos de El Niño y La Niña. Desde la OTCA, se considera que este aporte a través del Atlas resulta una herramienta de gestión operativa que podrá contribuir a la información más detallada y técnica em los diferentes aspectos de la Región Amazónica. Asimismo, se espera que el Atlas se constituya en un importante marco de referencia para los tomadores de decisiones de los países, la academia y demás actores sociales interesados.

Este Atlas nos permite acercarnos de manera más informada a nuestra Región para renovar nuestro compromiso con la cuenca hidrográfica más grande del planeta.

Alexandra Moreira López
Secretaria General de la OTCA

Prólogo

La Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA), con el apoyo del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (ONU Medio Ambiente) y del Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF, sigla en inglés), realizó el Proyecto "Manejo Integrado y Sostenible de los Recursos Hídricos Transfronterizos de la cuenca del Río Amazonas, considerando la Variabilidad y el Cambio Climático".

Bajo este Proyecto, los Países Miembros de la OTCA —Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela— se propusieron fortalecer el marco institucional para la planificación, la ejecución de acciones estratégicas de protección y gestión de los recursos hídricos de la Región Amazónica, considerando factores como la variabilidad climática y el cambio climático.

Como una de las aproximaciones al logro del objetivo mencionado, hubo pleno acuerdo entre los países de sistematizar la información existente, de generar nuevo conocimiento, aplicable en la planificación, en la gestión integrada de los recursos hídricos de la Región Amazónica, la gestión del riesgo de desastre y en la comprensión de una área relativamente reciente, como es la gestión de los riesgos ante el cambio climático.

En ese sentido, uno de los temas de estudio prioritario, fue analizar la vulnerabilidad de las poblaciones y los ecosistemas ante eventos hidroclimáticos extremos.

De esa forma, el Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática se concibió como un instrumento técnico y científico para el análisis de los datos disponibles, validados y reconocidos oficialmente por los Países Miembros de la OTCA, sobre los eventos hidroclimáticos extremos y sobre los impactos tanto biofísicos como socioeconómicos en la Región Amazónica.

Es por eso que el Atlas se enfoca y se aplica en el análisis de la vulnerabilidad socioeconómica y física observada en la Región Amazónica ante los fenómenos de sequía e inundación. Esa es una de sus mayores contribuciones al conocimiento en el área de la climatología y meteorología.

El cambio climático que es el marco de referencia general, desde el cual se construyó el Atlas es un tema transversal a las demás disciplinas que brindaron el soporte necesario para abordar la compleja realidad biogeofísica y socioeconómica de la Región. Por eso, esta investigación puede considerarse como un diagnóstico del estado de los ecosistemas y poblaciones asentadas en la Región Amazónica, en cuanto a su sensibilidad y capacidad de adaptación para afrontar los fenómenos hidroclimáticos mencionados.

El Atlas fue construido a partir de la integración de información disponible, durante su proceso de elaboración que corresponde al año 2013, habiéndose realizando una revisión del mismo durante el 2018 y 2019. El Atlas se ha elaborado sobre la base de información oficial que, sin embargo, corresponde a diferentes años de acuerdo a la disponibilidad de la misma hasta el 2012.

El desarrollo del Atlas se realizó en cuatro fases: En la primera, se hizo una caracterización biogeofísica, con más de 10 variables estudiadas desde el relieve, sus tipos de suelo, temperatura, precipitación, evapotranspiración (transpiración de la vegetación) hasta el cambio climático, entre otras, y la descripción socioeconómica de la Región, su población y crecimiento, incluyendo las principales actividades económicas, agropecuarias y comerciales. Destacan los Mapas sobre Evapotranspiración real y el de la Red hidrográfica principal de la Región Amazónica, entre otros.

Como se observa, en este primer paso se tuvo en cuenta el más amplio espectro de variables sólo para delimitar y abordar esta compleja caracterización sobre la vulnerabilidad en la Región. Cabe destacar que si bien se han realizado censos de población en los países, con posterioridad al término de esta investigación, la información oficial analizada comprende datos de población hasta el año 2012, por lo que información posterior a esa fecha no ha sido contemplada.

En segundo lugar, se realizó el análisis de las amenazas hidroclimáticas, fundamental para las acciones presentes y futuras en la Región. En este contexto y según el IPCC, se considera amenaza, la condición en la que un sistema o parte de él está expuesto al impacto de un fenómeno hidroclimático extremo, lo cual se valora en términos de probabilidad de pérdida o daños. Las amenazas por cobertura espacial y magnitud de los impactos que han sido consideradas en el Atlas son las sequías y las inundaciones. Un análisis complementario realizado en esta etapa, fue la revisión de escenarios de cambio climático para la Región Amazónica, basados en el ensamble de cuatro Modelos del CMPIP5 (Coupled Model Intercomparison Project Phase 5, sigla en inglés) que utiliza el Programa Mundial de Investigación del Clima.

La tercera fase de este proceso arroja información inédita para la Región sobre la evaluación de la vulnerabilidad ante los fenómenos hidroclimáticos extremos, mediante la estimación de la sensibilidad y la capacidad de adaptación al cambio climático, análisis que estuvo orientado a las amenazas hidroclimáticas identificadas (sequías e inundaciones) para lo cual se elaboraron 15 mapas especializados, que representan el estado de sensibilidad y capacidad de adaptación al cambio climático, como insumos para el análisis de las vulnerabilidades socioeconómica y biofísica de la Región.

De esta forma, en la cuarta fase, se generó el Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica, a escala 1:1.000.000, el cual permite aumentar el conocimiento sobre la dinámica de la variabilidad climática en la Región, constituyéndose en un insumo para avanzar en una planificación regional que incluya los períodos de sequía e inundación, asunto que beneficiará la gestión integrada de los recursos hídricos y la gestión del riesgo de desastres.

Introducción

Una de las principales razones por las cuales la Región Amazónica se destaca en el ámbito regional y mundial es por su riqueza hídrica. Las aguas amazónicas hacen parte esencial del ciclo hidrológico global, participan en la regulación del clima planetario y regional, y es el recurso fundamental tanto para el mantenimiento de los ecosistemas y su biodiversidad, como para el funcionamiento del sistema socioeconómico de la Región.

Los ecosistemas y las poblaciones de la Región Amazónica dependen de la disponibilidad del abundante recurso hídrico. Debido a esta dependencia, las comunidades han establecido una relación muy particular con la disponibilidad espacial y temporal (estacional) del agua.

Cabe destacar que esta disponibilidad, en una alta proporción, está regulada por el clima. No obstante, los extremos en la disponibilidad del recurso hídrico, tanto si hay exceso o escasez, generan conflictos en la relación establecida entre los recursos hídricos y la población. Una alteración en esta relación, podría dar lugar a situaciones de desastre.

En efecto, el clima de la Región Amazónica involucra una variedad de fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos que afectan el sistema socioeconómico establecido en la Región y, en ocasiones, son causa de desastres, dado su nivel de exposición, vulnerabilidad y disponibilidad de recursos para la adaptación, con lo cual se crean escenarios de riesgo climático.

De las múltiples contingencias observadas en la Región, las sequías y las inundaciones son los fenómenos hidroclimáticos extremos de mayor relevancia por la cobertura espacial y por la magnitud de los impactos sobre la población y los sistemas socioeconómicos asentados en la Región. El término "impactos" se emplea en este trabajo, para describir principalmente los efectos de los eventos relacionados con la variabilidad climática y el cambio climático sobre los sistemas naturales (recursos hídricos, biodiversidad, suelo, etc) y humanos (agricultura, salud, turismo, etc.), según el planteamiento del IPCC, 2014. Asimismo, los impactos potenciales son todos los impactos que pueden ocurrir por un cambio proyectado en el clima, sin considerar la adaptación.

Se ha observado que las sequías y las inundaciones son una expresión de las fases extremas de la variabilidad climática interanual e interdecadal, es decir que pueden ocurrir dentro de periodos de 12 meses y de 10 años respectivamente.

En la Región Amazónica esta variabilidad climática es controlada principalmente por procesos que ocurren en el sector tropical de los océanos Pacífico y Atlántico. Algunas de las sequías más intensas han estado asociadas a las anomalías climáticas generadas por el Fenómeno de El Niño, mientras que otras se han asociado a condiciones anómalas en el Atlántico tropical.

El fenómeno de El Niño es un evento climático que se origina por el cambio de temperatura del agua, en este caso por el calentamiento de Océano Pacífico oriental ecuatorial, mientras que la Niña se asocia a un enfriamiento.

El calentamiento y el patrón de enfriamiento, se conocen como El fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS), o ciclo ENOS, que puede durar entre tres y siete años. Aunque el ciclo no es regular como las estaciones, varía en intensidad y duración, afectando directamente la distribución de las precipitaciones en las zonas tropicales y puede influir sobre el clima de otros lugares. El Niño y La Niña son las fases extremas del ciclo ENOS. Para analizar el calentamiento, se revisan las precipitaciones y las épocas secas en un período de 0 a 100 años, es decir el ENOS cambia los patrones meteorológicos a largo plazo y estos varían según el lugar de nuestra Región.

Algunas inundaciones de gran impacto ocurrieron bajo las condiciones del Fenómeno de La Niña, (fase fría) y otras por alguna situación particular, se dieron por la diferencia de temperatura que se produce entre los sectores tropical y subtropical del Atlántico sur.

Debido a que la variabilidad climática entraña la recurrencia de situaciones extremas, las sequías y las inundaciones afectan cíclicamente a las poblaciones de la Región, aunque no necesariamente en un período exacto. La magnitud de los impactos socioeconómicos de estos fenómenos depende tanto de la intensidad y de la duración del evento, como del grado y tipo de organización de las comunidades para afrontar el momento crítico y recuperarse.

Algunas comunidades, a través de la experiencia de generaciones anteriores, han desarrollado formas y prácticas de respuesta; otras apenas están construyendo una capacidad de respuesta, y algunas carecen incluso de sistemas organizados para atender los momentos críticos que conllevan las fases extremas de la variabilidad climática.

Los desastres por los fenómenos señalados se convierten en obstáculos o frenos para un desarrollo humano sostenible de las comunidades, por lo que es necesario trabajar en el fortalecimiento de su capacidad de respuesta ante las adversidades derivadas de los eventos hidroclimáticos extremos.

El cambio climático que se presenta en la actualidad, se hará más evidente en los próximos decenios.

Por eso, es necesario profundizar en el significado de cambio climático. Según el IPCC de 2014, es la variación del estado del clima, identificable (por ejemplo, mediante pruebas estadísticas) en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante largos períodos de tiempo, generalmente decenios o períodos más largos. El cambio climático puede ocurrir debido a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropógenos persistentes de la composición de la atmósfera o del uso del suelo.

La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) en su Artículo 1, define el cambio climático como el "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". La CMNUCC diferencia, como se observa entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales.

El cambio climático modificará los patrones climáticos a los que están ajustados los procesos socioeconómicos regionales. También se estima que transformará las características de las fases extremas de la variabilidad climática, alterando la frecuencia y la intensidad de las sequías y las inundaciones.

Lo anterior, señala la importancia de analizar el grado de vulnerabilidad de la Región Amazónica, ante los eventos hidroclimáticos extremos. En este contexto, vulnerabilidad es la propensión o predisposición del sistema humano y natural de verse afectado negativamente por los eventos hidroclimáticos extremos, y comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación. (IPCC, 2014). Tal análisis permitirá establecer tanto el grado de vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos y físicos ante la sequía y las inundaciones, lo cual indudablemente contribuirá a la adaptación ante las diversas alteraciones que implica el cambio climático.

Este estudio resume la metodología de la producción del Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica, presenta sus principales resultados y conclusiones, y puede servir de base para el planteamiento de acciones orientadas a mejorar la resiliencia de las comunidades locales frente a los eventos hidroclimáticos extremos de la Región.

1

Base Conceptual y Metodológica

La estructura y la secuencia de la investigación del Atlas se enmarcan bajo las siguientes temáticas: Cambio climático, Variabilidad climática y Gestión de los Riesgos del Cambio Climático, por lo cual las principales fuentes de consulta son las siguientes: el Informe Especial sobre Gestión de los Riesgos de Fenómenos Meteorológicos Extremos y Desastres para Mejorar la Adaptación al Cambio Climático (SREX, sigla en inglés) del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2012, sigla en inglés); el Quinto Informe de Evaluación del IPCC de 2013 (AR5, sigla en inglés) del Grupo de trabajo I sobre la Base de la Ciencia Física del Cambio Climático y el Informe del 2014 del Grupo II sobre Impactos, adaptación y vulnerabilidad al Cambio Climático, entre otros.

El IPCC fue creado en 1988 para facilitar evaluaciones integrales del estado de los conocimientos científicos, técnicos y socioeconómicos sobre el cambio climático, sus causas, posibles repercusiones y estrategias de respuesta. Produce reportes por grupo de trabajo. El Grupo de Trabajo I se ocupa de las bases físicas del cambio climático. El Grupo de Trabajo II del impacto del cambio climático y de la adaptación y la vulnerabilidad relativas a él y el Grupo de Trabajo III de la mitigación del cambio climático. En el desarrollo de este Atlas se citan informes elaborados por los Grupos I y II, principalmente.

1.1. Base Conceptual

1.1.1. Clima, Variabilidad Climática y Cambio Climático

El tiempo atmosférico, de aquí en adelante llamado solamente "tiempo", es el conjunto de condiciones, situaciones y fenómenos (vientos, nubes, lluvias, tormentas, tornados, etc.) que se observan en la atmósfera durante un breve lapso (momento, hora, día). Ahora bien, las condiciones que van más allá de un par de días y predominan durante un período (semanas, meses, años) constituyen lo que se denomina clima. Así, se habla de "tiempo lluvioso" de una tarde con lluvia y de "clima lluvioso" en una zona donde son muy frecuentes las precipitaciones.

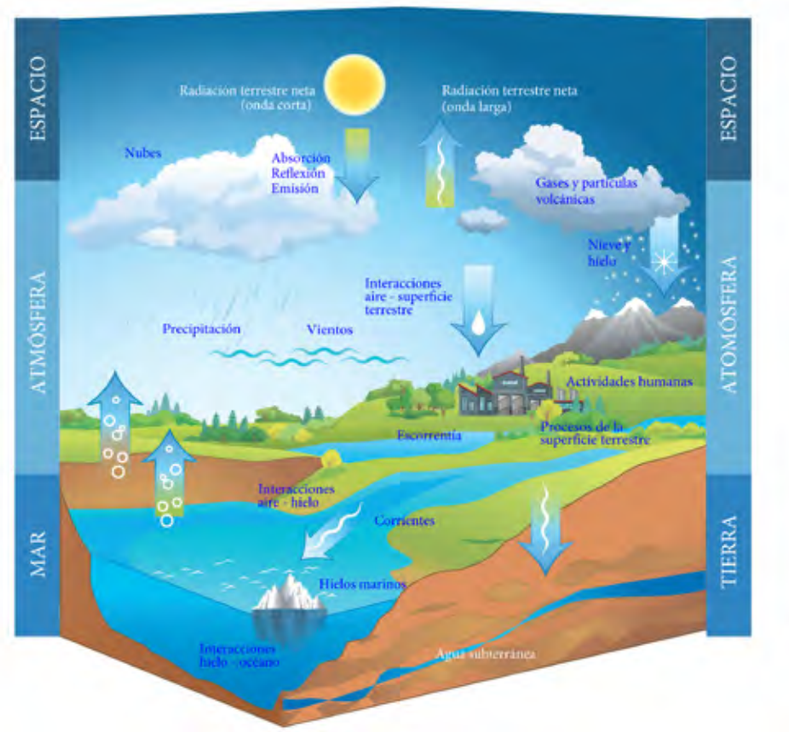
De esta forma, observamos que:

- El tiempo es el estado de la atmósfera en un momento determinado y se expresa por la variedad de fenómenos meteorológicos, que se observan hora tras hora o bien día a día.

- El clima es el conjunto de condiciones atmosféricas predominantes durante un período dado (meses, años, miles de años), resultado no solo de la dinámica atmosférica sino de la interacción entre diferentes componentes (atmósfera, hidrósfera, biósfera, litósfera, tropósfera) del sistema Tierra, tal como se visualiza en la Figura 1. (OMM, 2011. Oviedo, 2011).

El clima del sistema natural de la Tierra está controlado por la energía solar, que ingresa al planeta a través de la atmósfera y calienta la superficie del agua (océano, lagos y ríos) y la del suelo en los continentes, así como por el efecto invernadero, propio de la atmósfera, a partir del cual determinados componentes gaseosos, tanto naturales como antropogénicos, absorben y reemiten la radiación infrarroja que el suelo emite (IPCC, 2018).

FIGURA 1.
Representación esquemática del sistema climático



FUENTE: Adaptado del Tercer Reporte de Evaluación–Cambio Climático 2001. (IPCC, 2001). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGI_TAR_full_report.pdf

La circulación atmosférica, que comprende los sistemas planetarios de los vientos, responsables de producir las olas, las corrientes en el océano y las corrientes marinas distribuyen ese calor junto con la humedad del aire a lo largo del planeta. Al tiempo que las corrientes oceánicas están influenciadas por fuerzas que inician el movimiento de las masas de agua, gracias al calentamiento solar y a los vientos.

De manera que el clima de un lugar o de una región depende de su localización dentro de esa distribución global de masa (humedad del aire o nubes) y de energía (calor). Esto significa, por un lado, la distancia con relación al ecuador geodésico (línea ecuatorial o paralelo 0°), la altura sobre el nivel del mar y la orografía (relieve terrestre), y por el otro, la localización del sitio respecto a las montañas, la influencia de las corrientes marinas o de los sistemas de circulación atmosférica.

De esta forma, los rayos solares son interceptados por la Tierra y atraviesan la atmósfera, donde sufren un proceso de debilitamiento por la difusión, la reflexión y la absorción ejercidas por las moléculas de gases y por las partículas en suspensión en el aire. Del total de la radiación que llega a la parte más alta de la atmósfera, aproximadamente la mitad, alcanza la superficie terrestre, la cual abarca tierra firme y cuerpos de agua. Una parte de la radiación es reflejada y absorbida por la atmósfera y otra, por la superficie terrestre calentándola (onda corta). Una porción de esta radiación es reflejada por la superficie de la tierra atravesando la atmósfera y otra es absorbida por los gases de efecto invernadero (onda

larga–radiación infrarroja). En la superficie terrestre dicha radiación la refleja o la absorbe.

La cantidad de radiación absorbida por la superficie se transforma en calor, el cual a su vez es devuelto hacia la atmósfera nuevamente en forma de calor y de radiación de onda larga, emitida por la superficie de la tierra.

Parte de la radiación que la superficie terrestre emite en onda larga hacia el espacio es absorbida por los gases de efecto invernadero existentes en la atmósfera (vapor de agua, y gases como el dióxido de carbono y el metano, entre otros) y es reemitida por estos en diferentes direcciones (hacia los lados, hacia arriba al espacio, hacia la superficie terrestre), dejando así parte de la energía en la atmósfera y devolviéndola a la superficie.

Gracias a esta propiedad de la atmósfera, denominada efecto invernadero, el promedio global de la temperatura del aire cerca de la superficie terrestre no presenta valores por debajo de cero.

En el sistema climático, cada uno de sus cinco componentes principales cumple una función: **I)** la atmósfera, **II)** la hidrósfera, **III)** la biósfera, **IV)** la criosfera y **V)** la litósfera, los que a su vez interactúan entre ellos.

i] La atmósfera, con el efecto invernadero, juega un rol importante en el clima del planeta. De igual manera, la circulación atmosférica redistribuye la masa y la energía, y así genera una diversidad de condiciones climáticas en las diferentes regiones del mundo (OMM, 2011).

ii] La hidrósfera. El océano, que es el mayor contenedor de agua de la hidrósfera (cuerpos de agua que se encuentran sobre la superficie de la tierra sólida) tiene un papel preponderante en la regulación del efecto invernadero, a través de sus procesos químicos, físicos y biológicos, siendo el principal sumidero de dióxido de carbono o depósito natural de carbono porque lo absorbe. Además, el océano tiene la capacidad de reflejar la radiación que incide sobre su superficie, conocido como el albedo, (medido en porcentaje). Así, el océano con la circulación de las mareas permite regular el balance de radiación y redistribuir la energía en el planeta (IPCC, 2013).

iii] La biósfera, que es la capa de la Tierra constituida por agua, tierra y una masa delgada de aire, en la cual se desarrollan los seres vivos, es un importante regulador del balance de la radiación (la cantidad de radiación solar que incide sobre la tierra en relación a la radiación de onda larga emitida por la Tierra al espacio exterior), por sus propiedades de albedo y de transmisión de calor latente en la evapotranspiración. También regula el efecto invernadero al intervenir en las variaciones del dióxido de carbono atmosférico.

iv] La criosfera está constituida por las masas de hielo, nieve y permafrost (capa de suelo permanentemente congelada) existentes en la Tierra, con un importante aporte en la regulación del clima global a través de la influencia en los flujos de energía de la superficie terrestre, la humedad, la generación de nubes, la precipitación, la hidrología y en general en la circulación atmosférica y oceánica.

v] La litósfera está conformada por los continentes y el fondo marino, excluye la capa superficial del suelo sensible a los cambios provocados por fenómenos atmosféricos y oceánicos como por ejemplo, la vegetación. Tiene un tiempo de respuesta más lento que los demás elementos del sistema climático, con cambios imperceptibles en el corto y mediano plazo. Realiza una importante interacción con la atmósfera, a través de los procesos de intercambio de masa, disipación de energía cinética por rozamiento de los cuerpos con la superficie terrestre y la transferencia de energía calórica entre la litósfera y la atmósfera. También existe una interacción entre la litósfera, la hidrósfera y la criosfera (océano-continentes y continentes-glaciares).

A los anteriores componentes del sistema climático, se suma el medio geográfico y social en el que se desarrolla la vida humana y su actividad, es decir la antropósfera, que tiene en cuenta los elementos del planeta creados por la especie humana (por ejemplo edificios, fábricas, etc.) y relativos a la sociedad, transformando la superficie terrestre a través de sus procesos socioeconómicos, y modificando el balance de radiación. Estos cambios pueden ser atribuidos entre otras cosas, a la industrialización que produce la generación de emisiones de gases, los cuales potencian el efecto invernadero de la atmósfera e influyen en el clima.

Dentro del sistema climático se presenta el intercambio de masa y energía a través de ciclos biogeoquímicos, como el del agua y del carbono, gracias a los cuales se producen variaciones en la composición química y en las propiedades físicas de los componentes del sistema, particularmente por el contenido de vapor de agua, dióxido de carbono (CO_2) y de metano (CH_4) en la atmósfera. Estos procesos de intercambio de masa y energía también regulan el efecto invernadero y, consecuentemente, el clima.

En resumen, el clima se define como el factor del ambiente que se pone de manifiesto en las condiciones atmosféricas predominantes como la temperatura, la precipitación, humedad, etc., durante un período determinado en un lugar, región o en el planeta, las cuales son controladas por los denominados *factores radiativos forzantes* (radiación solar y efecto invernadero), por la interacción entre los diferentes componentes del sistema climático (atmósfera, océano, biósfera, litósfera, antropósfera) y por factores físico–geográficos (latitud, altitud, continentalidad, orografía, corrientes marinas, circulación atmosférica) propios del lugar o región específica.

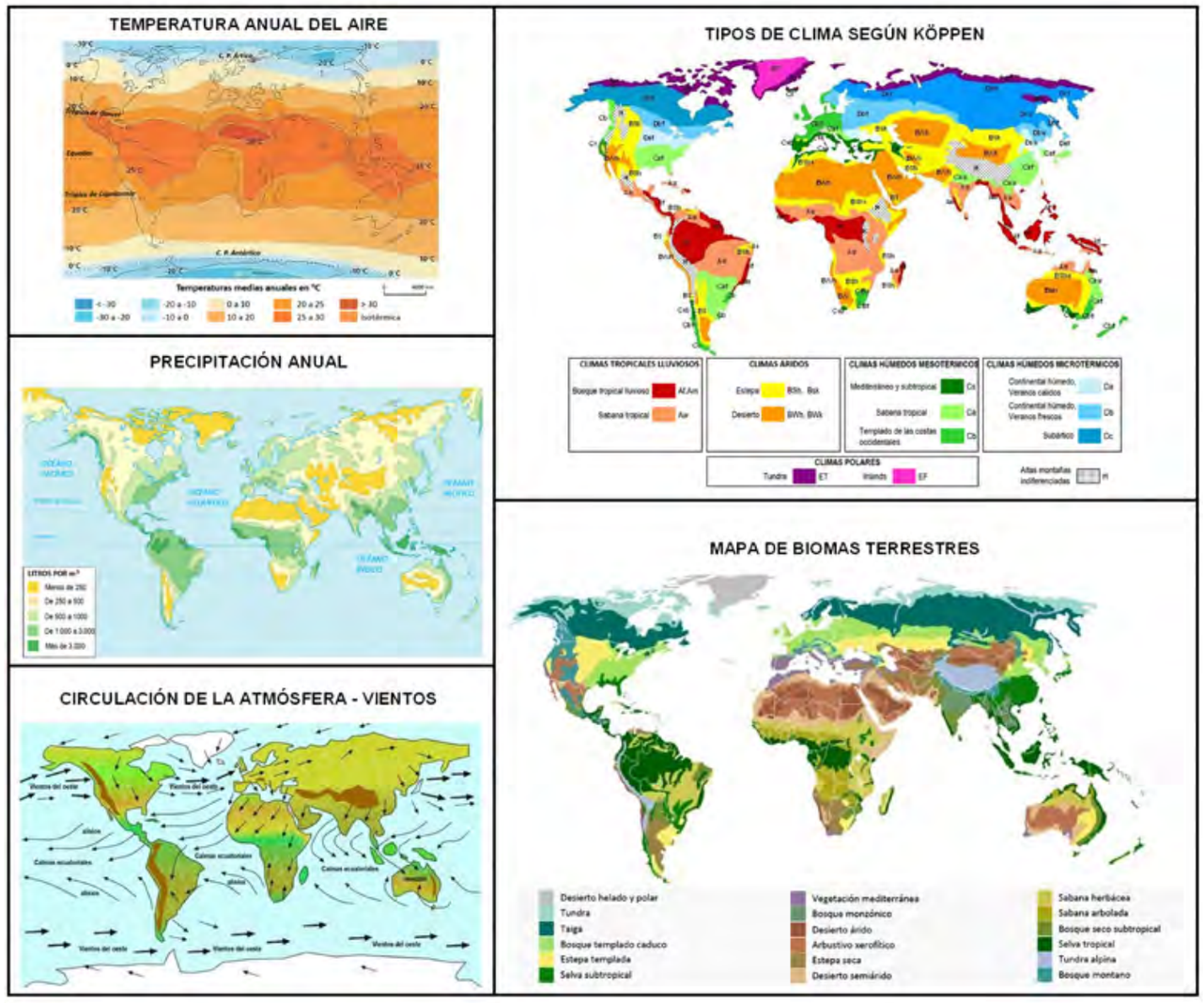
1.1.2. Los Patrones Climáticos Globales

Al calentarse más la zona ecuatorial que las polares, existen franjas latitudinales de temperatura (variación de la temperatura de acuerdo a la latitud) de presión atmosférica y de vientos, que se alteran ante el contraste generado por la interacción de océanos y continentes. La circulación atmosférica redistribuye el calor y la humedad, lo que ocasiona diferentes patrones espaciales de temperatura del aire, de precipitación, de viento y de tipos de clima, como se muestra en la **FIGURA 2**.

Esta distribución mundial de los diferentes tipos de clima se relaciona con la biósfera en los continentes, la flora, la fauna y los ecosistemas. También la actividad humana se ha adaptado a la distribución espacial y a la estacionalidad del clima.

La distribución global de la diversidad de climas existentes en el planeta organiza espacialmente las diferentes formas de la actividad humana, por lo que es posible encontrar regiones que se especializan en algún tipo de cultivo, se caracterizan por determinados rasgos culturales o se ocupan de alguna actividad turística. En conexión con esta distribución de las actividades de producción de bienes y servicios, se organizan patrones de comercio y hasta flujos financieros entre diversas regiones del planeta.

FIGURA 2.
Distribución mundial de la temperatura media anual (arriba, izquierda), precipitación (arriba, derecha), vientos (centro, izquierda), climas según Köppen (centro, derecha) y biomas terrestres según la vegetación (abajo)



FUENTE: Tomado de: https://los5oceanos.files.wordpress.com/2013/07/tempmediaanualesmundo.jpg (mapa de temperatura del aire) y de https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/02 Que-es-agua-mapa-mundial-precipitaciones.jpg (mapa de precipitación); https://lageografia.com/wp-content/uploads/vientos-planeta-tierra.jpg(vientos),https://lostipos.net/wp-content/uploads/2018/03/K%C3%B6ppen-1_opt.jpg (climas de Köppen) y de De SirHenrry - Trabajo propio, CC BY-SA 4.0, https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=49681202 (biomas según vegetación).

Los patrones climáticos se alteran temporalmente de manera recurrente con las fases extremas de la variabilidad climática o pueden modificarse por largos períodos debido a los cambios climáticos. La alteración de tales patrones incide en la relación clima–ecosistemas o clima–sociedad, con efectos socioeconómicos que pueden ser adversos.

1.1.3. Las Relaciones Clima–Ecosistemas y Clima–Sociedad

La radiación solar juega un papel esencial en la fotosíntesis. La cantidad de energía solar que alcanza la superficie terrestre está regulada también por variables climáticas como la nubosidad, que a su vez se relaciona con la presión atmosférica, los vientos y la precipitación.

Además de intervenir en la energía proveniente de la radiación solar, las diferentes variables climatológicas participan directamente en el proceso de fotosíntesis de la siguiente manera: la temperatura del aire regula la evaporación y la transpiración de las plantas (evapotranspiración); la presión atmosférica incide en la velocidad de intercambio del CO_2, y el viento actúa sobre la evapotranspiración. Por esta razón, hay una estrecha relación entre el clima y los diferentes elementos del medio biótico (la biósfera) como son los ecosistemas.

La relación entre el clima y la biósfera se manifiesta claramente en la conexión entre las variables climáticas y la vegetación. Esta es fácil de constatar en la **FIGURA 2**, al comparar la distribución de la precipitación, los tipos de clima según Köppen y los biomas (biósfera). Los diferentes tipos de vegetación responden a una temperatura media anual y a la humedad que aporta la precipitación, ya que la temperatura varía latitudinal y altitudinalmente, y la precipitación tiene variaciones espaciales que pueden presentarse en una misma latitud, es decir, existe una distribución zonal y altitudinal de los tipos de vegetación y de los biomas.

Debido a la relación entre el clima y la vegetación, a nivel global los tipos de clima y los biomas tienen una correspondencia estrecha. En estos últimos, se presentan las diferentes partes de la biósfera interrelacionadas. Así, por ejemplo, en el bioma del bosque tropical húmedo, es posible encontrar hongos, plantas y animales que viven únicamente en el clima tropical húmedo o ecuatorial.

En consecuencia, cabe resaltar que el clima incide en el desarrollo de las sociedades humanas, así:

» A través de la relación clima–ecosistemas, influye en las funciones ambientales/ servicios ecosistémicos, que son los recursos o procesos de los ecosistemas naturales que benefician a los seres humanos.

- Por la influencia en la disponibilidad de agua, en la flora y la fauna (para la caza y la pesca) y en la producción agropecuaria, incide directamente en la seguridad alimentaria.

- Por condiciones que afectan la salud humana o favorecen la anormal proliferación de plagas y vectores de enfermedades humanas, animales y vegetales.

- Con la regulación de la frecuencia de fenómenos meteorológicos y climáticos extremos que pueden generar desastres.

Por lo anterior, para el funcionamiento tanto de los ecosistemas como de los sistemas humanos existe una relación con las condiciones climáticas establecidas. Si se alteran esos patrones climáticos, se afecta la relación clima–ecosistemas–sociedad, generando impactos que pueden constituirse en desastres.

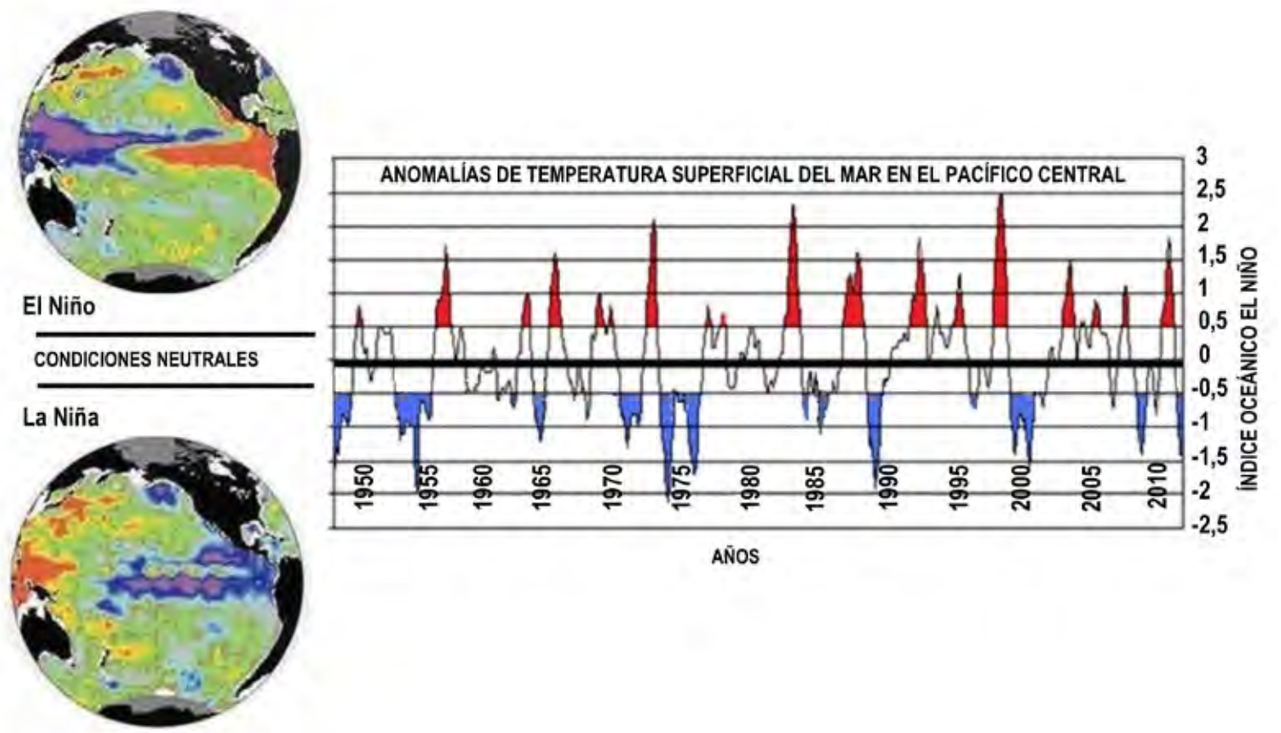
Esas alteraciones se expresan recurrentemente en anomalías climáticas asociadas a lo que se denomina la variabilidad climática, o en la modificación de las condiciones predominantes relacionada con el cambio climático. Las fases extremas de la variabilidad climática y el cambio climático impactan de diversa forma sobre los ecosistemas y la sociedad.

La magnitud de los impactos depende no solo de la intensidad de los fenómenos hidroclimáticos, sino también del grado de preparación o de la capacidad que tengan los ecosistemas o los sistemas humanos para afrontar, resistir o sobrellevar la situación de crisis y recuperarse, es decir, de su grado de vulnerabilidad frente a estos fenómenos extremos.

Por consiguiente, con el fin de reducir los impactos negativos de los eventos hidroclimáticos extremos, se debe abordar no solo su análisis, sino también evaluar la vulnerabilidad de los sistemas humanos ante dichos eventos.

Dadas sus escalas diferentes: las fases extremas de la variabilidad climática son recurrentes en ciclos de años o decenios, mientras que el cambio climático está asociado a cambios lentos en ciclos de siglos, milenios y hasta de millones de años, por consiguiente, la expresión de los impactos generados por la variabilidad climática es diferente de la expresión de aquellos causados por el cambio climático. Por esta razón, su análisis y la propuesta de opciones para afrontarlos deben ser abordados también de manera diferente.

FIGURA 3.
Distribución de las anomalías de temperatura de la superficie en el océano Pacífico tropical en presencia de los fenómenos de El Niño (izquierda, arriba) y de La Niña (izquierda, abajo) Nota: A la derecha, se presenta la secuencia del Índice Oceánico El Niño (ONI) para el período (1950–2010), en el que se observan los eventos de El Niño y de La Niña ocurridos en ese lapso de tiempo (el color rojo muestra las anomalías positivas o temperaturas por encima de lo normal; los tonos de azul y violeta representan las anomalías negativas o temperaturas por debajo de lo normal)



FUENTE: Adaptado por el CIIFEN a partir de información de la revista Ciencia y biología disponible en http://cienciaybiologia.com/biologiamarina/fenomeno-de-el-nino-y-la-nina.

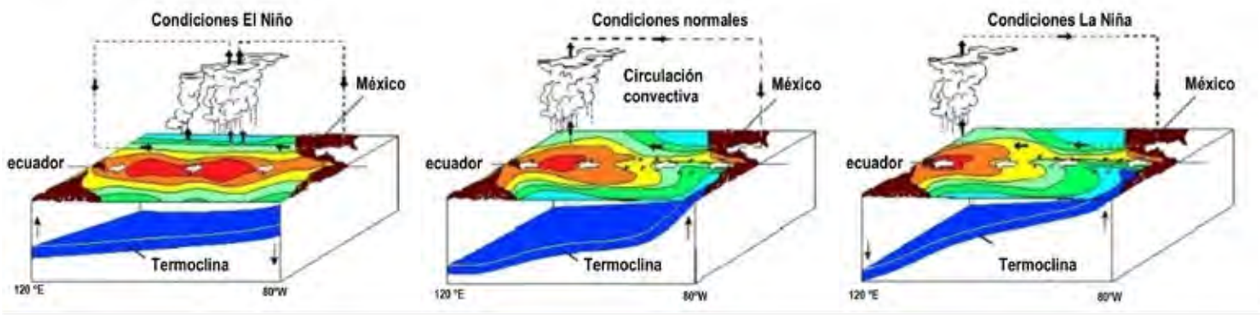
Al respecto, cabe complementar que los impactos, generalmente se refieren a efectos en las vidas, medios de subsistencia, salud, ecosistemas, economías, sociedades, culturas, servicios e infraestructuras debido a la interacción de los cambios climáticos o fenómenos climáticos peligrosos que ocurren en un lapso de tiempo específico y a la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. (IPCC, 2014).

1.1.4. La Variabilidad Climática

Se entiende por variabilidad climática, las fluctuaciones alrededor de la condición climática predominante, observadas durante períodos de tiempo relativamente cortos. Tales oscilaciones se observan en ciclos de meses (variabilidad intraestacional), años (variabilidad climática interanual) o decenios (variabilidad climática interdecadal), y pueden alcanzar magnitudes extremas expresadas en marcadas anomalías climáticas sobre las regiones. Fácilmente, se puede constatar que en un determinado año, el período lluvioso casi no presenta lluvias y se observa sequía; mientras que en otros años, el período es muy lluvioso, con frecuentes tormentas e inundaciones desastrosas. La repetición en el tiempo (recurrencia) de estas anomalías es la expresión de la variabilidad climática **(FIGURA 3)**.

La forma de valorar cuantitativamente dicha variabilidad se realiza mediante la comparación de los sucesos climáticos corrientes (el

FIGURA 4.
Alteración de la circulación de la atmósfera sobre el Pacífico tropical y cambio de posición de los centros de lluvia debido al fenómeno de El Niño (izquierda), condiciones normales (centro) y de La Niña (derecha)



FUENTE: Adaptado por el CIIFEN a partir de la información publicada en la dirección: http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/about/result/earth/ elnino_e.htm de TRMM. (Nota: En la figura se aprecia el termoclina: Línea imaginaria que separa dos masas de agua de temperatura diferente.).

dato mensual de temperatura del aire o de precipitación mensual, por ejemplo) con la situación predominante representada en una norma (generalmente, el promedio es de 30 años).

A partir de esta comparación, quedan evidenciadas las anomalías climáticas (de temperatura del aire y precipitación, en este ejemplo) que son la expresión de la variabilidad climática.

Las causas de tales anomalías climáticas pueden estar en las fluctuaciones de la cantidad de energía solar que ingresa al planeta o en fenómenos que se registran en diferentes partes del planeta como por ejemplo, los llamados eventos de El Niño y La Niña, que se registran en el océano Pacífico o en el dipolo del Atlántico Tropical, es decir la alternancia en la configuración de las anomalías de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) del Océano Atlántico Tropical norte y sur, como se observa en la **FIGURA 4**.

Cuando una u otra fase de estos procesos ocurre, el clima de cualquier región del planeta responde con anomalías, como por ejemplo, se dan más lluvias de lo normal o lluvias deficitarias (dependiendo de la región).

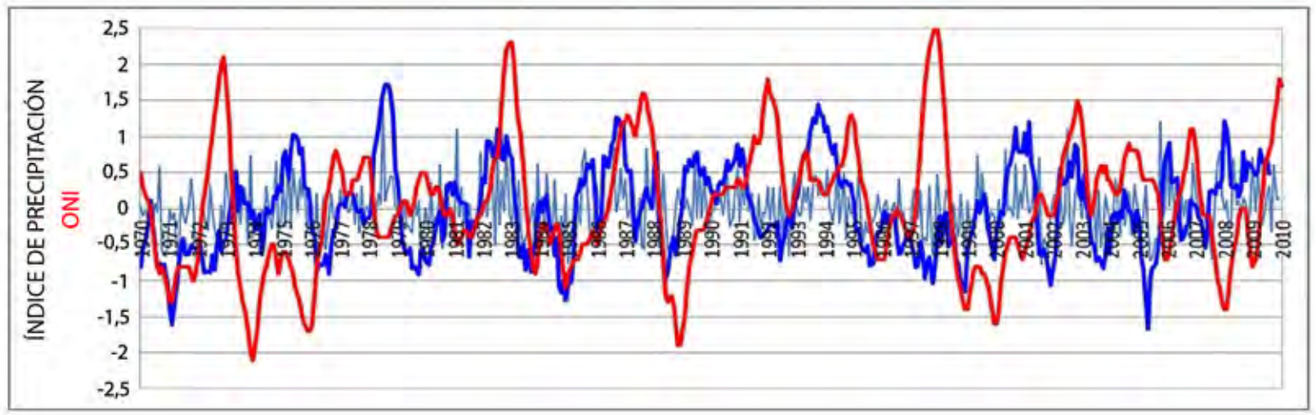
Otro fenómeno oceánico que genera anomalías climáticas en ciertas regiones, particularmente en Sudamérica y África, es el dipolo de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) del Atlántico tropical, donde la alternancia de la temperatura superficial del mar hace que, en ciertas ocasiones, el Atlántico tropical norte sea anormalmente más cálido que lo normal y el Atlántico ecuatorial y el tropical sur, sean más fríos de lo normal, mientras que en otros casos, la situación es inversa **(FIGURA 5)**.

Al igual que ocurre con los fenómenos de El Niño y La Niña del Pacífico tropical, las anomalías de las fases extremas del dipolo del Atlántico Tropical alteran la presión atmosférica y la circulación general de la atmósfera, por esto, generan anomalías en la temperatura del aire y en la precipitación en diferentes regiones.

En resumen, hay diversos fenómenos en el sistema climático de manera recurrente (o cíclica, no necesariamente periódica) que generan las anomalías, las cuales al alcanzar ciertas magnitudes, afectan en diversa forma y grado los ecosistemas y el sistema socioeconómico de las regiones.

FIGURA 5.

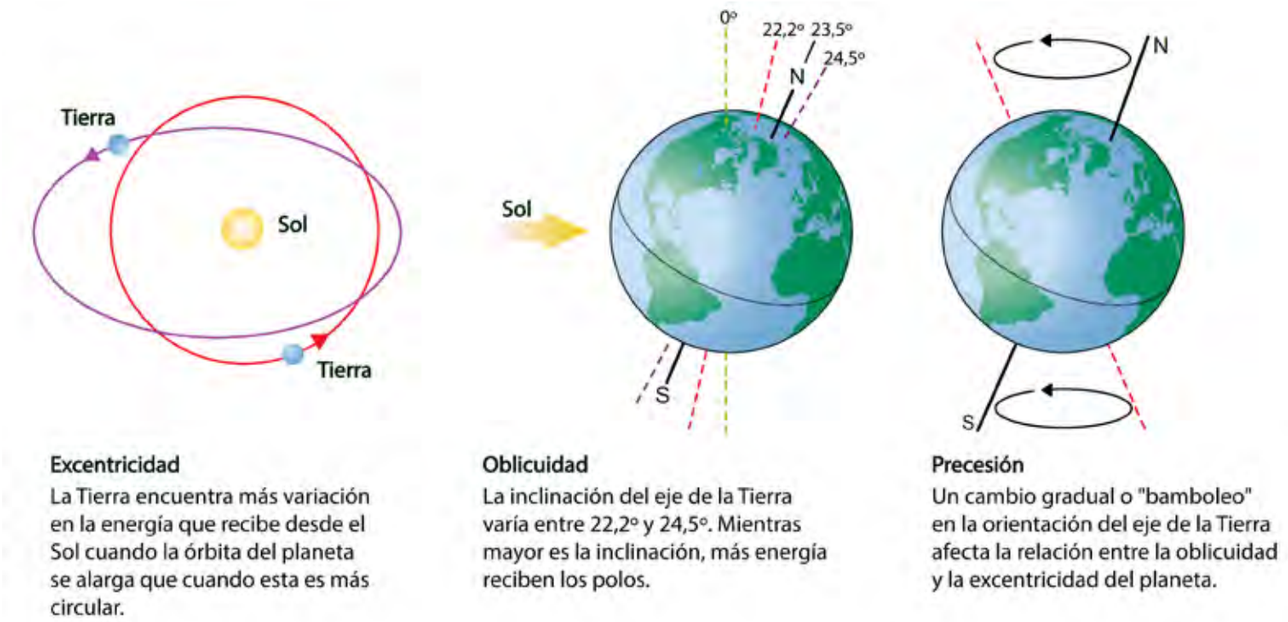
Comparación de las secuencias del Índice Oceánico El Niño (ONI) y de un índice que señala las anomalías de precipitación registradas de Leticia (Colombia), oeste de la Región Amazónica



ELABORACIÓN: Servicios climáticos-CIIFEN. **FUENTE:** Datos climatológicos del IDEAM, (2014).

FIGURA 6.

Teoría de Milankovitch que explica los ciclos de cambio climático globales por cambios en la geometría de la órbita alrededor de la Tierra o de la geometría de la incidencia de los rayos solares al planeta



FUENTE: Pabón (2011) y http://1.bp.blogspot.com/- AXtAZgfRRaM/UoeieH18pMI/AAAAAAAABQ0/M5zL0WdKEts/s1600/milankovitch_cycles+origin+grahamhancock+origin.png.

1.1.5. El Cambio Climático

El cambio climático es la modificación de las condiciones predominantes en el largo plazo (siglos, milenios, etc.). Es decir, son ciclos de largo período. Un ejemplo de tales cambios es el ciclo de largo plazo glacial–interglacial que se ha presentado en la evolución del planeta: períodos muy fríos (fases glaciales) que duraron miles de años, seguidos de calentamientos (fases interglaciales) de similar duración.

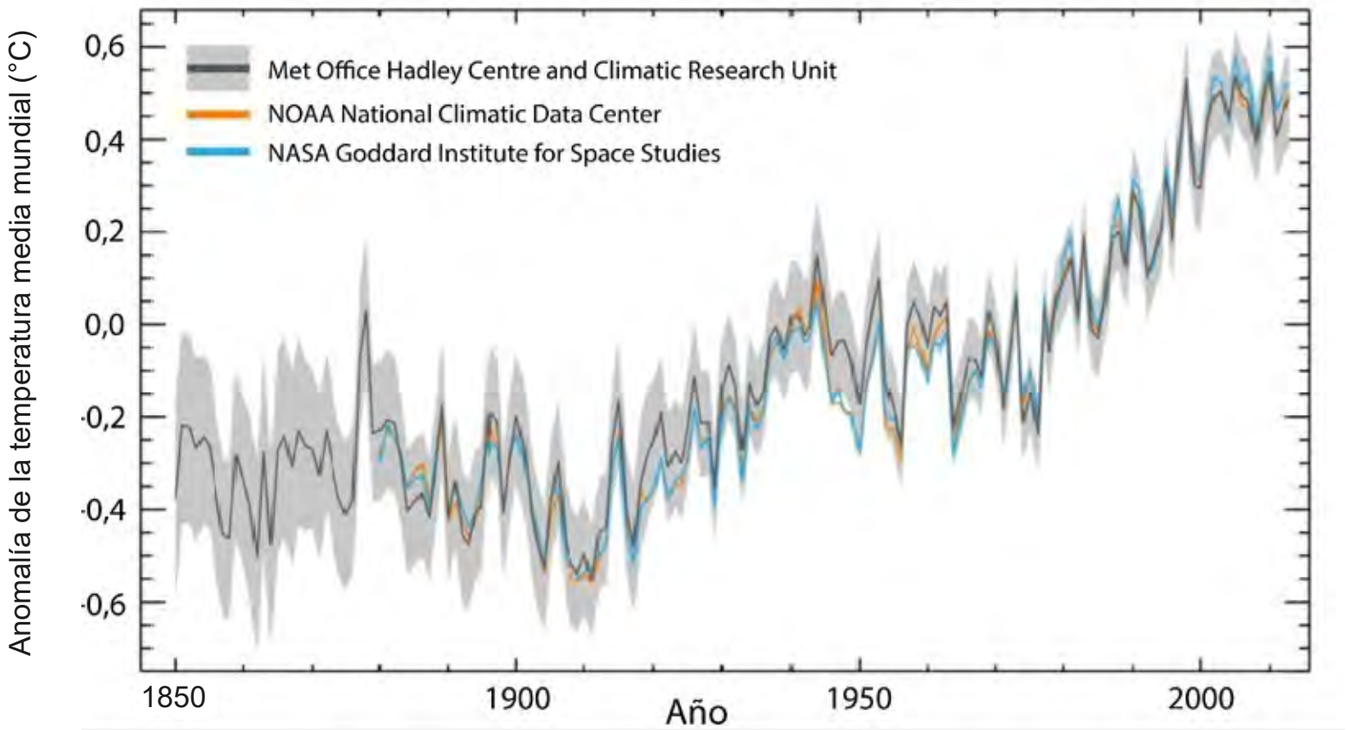
Pero, ¿qué procesos generan estos cambios? Estos ocurren en el sistema terrestre por factores externos: es decir, por ciclos solares de largo plazo; por cambios en la geometría de la órbita de la Tierra o por cambios en la geometría de la incidencia de los rayos solares a la superficie terrestre, explicados en la denominada teoría de Milankovitch, como se muestra en la **FIGURA 6**. También se generan por impactos de meteoritos, y factores internos: como la deriva continental (movimiento de las placas que sustentan los continentes), cambios en la composición atmosférica, interacción entre componentes del sistema terrestre, y procesos antrópicos.

El motor del clima es la energía solar que ingresa al sistema Tierra, del mismo modo, los ciclos en la actividad solar generan ciclos similares en el clima del planeta. Los ciclos de Milankovitch[1] explican que la posición de la Tierra determina el clima global del planeta, y se generan esos cambios por la cantidad de energía que recibe la superficie terrestre y son los responsables de los períodos glacial–interglacial registrados en el pasado, que tienen períodos de decenas de miles de años.

También ha habido cambios climáticos de menor período (500–1.000 años) como los que tuvieron lugar durante el Holoceno, periodo posglacial que comenzó hace aproximadamente 10.000 años atrás, con la presencia del hombre y que continúa a la actualidad. En los últimos 10.000 años, es posible observar fluctuaciones que se destacan dentro de la tendencia del ciclo de un mayor largo plazo como por ejemplo, un enfriamiento hace unos 10.500 años, un corto calentamiento hace unos 10.000 y 9.000 años atrás, y un nuevo enfriamiento hace unos 8.000 años.

1. Ingeniero civil, astrónomo, matemático y geofísico serbio, desarrollador de modelos matemáticos sobre la variación orbital de la Tierra y su relación con la distribución y estacionalidad de la irradiación solar.

FIGURA 7.
Anomalías de la temperatura media anual mundial del período comprendido entre 1850 y 2015 (respecto del período de 1961 a 1990).



FUENTE: Tomado del Estado del Clima Mundial en 2011-2015, Organización Meteorológica Mundial, 2016, OMM–Nº 1179, Figura 1, página 6. https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3105.

Asimismo, la cantidad de energía que llega al planeta está regulada por ciclos de largo plazo no tan extensos de la actividad del Sol, que generan ciclos de menor período en el clima. Así, por ejemplo, entre los siglos X y XII hubo una alta actividad solar, que generó el calentamiento medieval. En el período de los siglos XV al XVIII hubo una baja actividad, lo que produjo el enfriamiento conocido como la Pequeña Edad de Hielo.

Del mismo modo, si se aumentan las partículas sólidas que están en suspensión en la atmósfera, estas interceptan más la radiación y hay un calentamiento en la capa en la que están esas partículas y, simultáneamente, un enfriamiento sobre la superficie terrestre. De otra parte, si las corrientes marinas cambian su curso promedio por un período largo, también generan cambios en el clima.

En resumen, hay diversas causas para los cambios climáticos que se han dado durante toda la existencia del planeta de manera natural. La novedad es que sobre su superficie, apareció el ser humano, que en los últimos 10.000 años, es decir en el Holoceno ha logrado organizarse como sociedad y ha constituido una nueva esfera: la antropósfera.

Las necesidades de espacio, alimento y energía hacen que la sociedad transforme el medio en el que se desarrolla, lo que conlleva una intervención sobre el balance de radiación que mantiene el clima del planeta. Esta actividad humana —un nuevo factor dentro del ecosistema planetario que interviene en el sistema climático global— está induciendo una señal de cambio climático, que no se había presentado en el proceso evolutivo de la Tierra y que está actuando a la par con los otros factores que generan los cambios.

En los últimos tres siglos, se ha acentuado la actividad humana y se ha intensificado su efecto sobre el sistema climático. A través de la quema de combustibles fósiles para la producción de energía y de la transformación de las características de la superficie terrestre, se están generando cambios en la composición de la atmósfera con el aumento de gases de efecto invernadero (dióxido de carbono y metano) y aerosoles, lo que altera el balance de radiación del sistema tierra–atmósfera. Debido al aumento de los gases de efecto invernadero está ocurriendo un calentamiento de la atmósfera global, que se suma al calentamiento que está ocurriendo desde finales del siglo XIX.

La temperatura media mundial del aire se ha incrementado cerca de 0,74°C (entre 0,56 y 0,92°C) en el período 1906–2005; el ritmo del aumento se ha acelerado y en los últimos cincuenta años, es casi dos veces el de hace 100 años **(VER FIGURA 7)**. Es posible constatar que los últimos 12 años han sido los más calurosos desde 1850, período del que se tienen mediciones. Asimismo, el Informe Cambio Climático 2007 del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, IPCC, (sigla en inglés) ha podido determinar que el calentamiento es mayor sobre los continentes en las latitudes medias y altas.

La precipitación ha presentado tendencias diferentes para las diversas regiones del mundo. Así por ejemplo, según el IPCC 2013, se detectó que entre 1990 y 2005 ha aumentado significativamente en los sectores orientales de norte y Suramérica, al norte de Europa y en el norte y centro de Asia; para el mismo período se ha observado una disminución sobre el Sahel, el Mediterráneo, el sur de África y partes del sur de Asia. También se ha identificado un aumento de los eventos de lluvias fuertes en varias regiones del mundo, aunque en otras haya habido una disminución.

Dando una mirada hacia el futuro bajo diversos escenarios, el IPCC (2013) estima que la temperatura media mundial del aire hacia finales del siglo XXI (2090–2099) estaría entre 1,8 y 4,0°C por encima de lo que se observó a finales del siglo XX (1980–1999). Es muy probable un aumento de la precipitación en las latitudes altas y medias y una disminución en la zona subtropical. Estos cambios impactarían directamente sobre las regiones y los sectores socioeconómicos.

FIGURA 8.
Clasificación de los fenómenos extremos de índole meteorológica e hidroclimática

FUENTE: IPCC (2012a) y Pabón (2012).

1.1.6. Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo Asociados a Eventos Meteorológicos e Hidroclimáticos Extremos

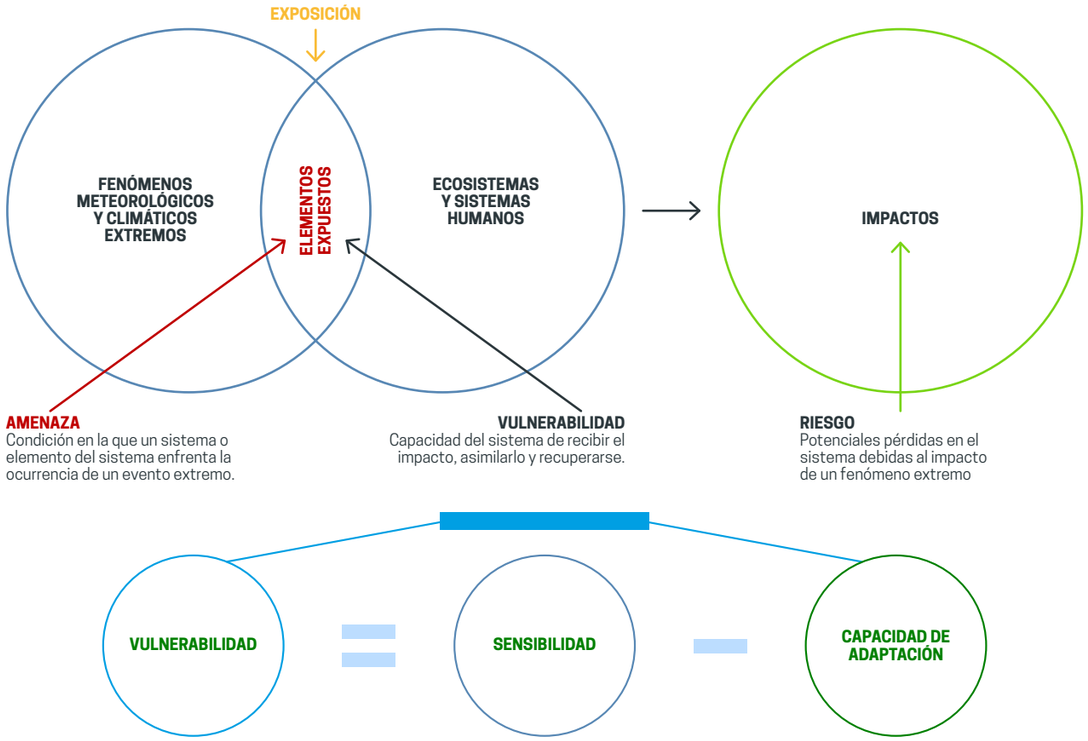
Los procesos en la atmósfera y el clima presentan ocasionalmente expresiones extremas. Si bien estos fenómenos extremos están interrelacionados por la diferencia existente entre tiempo atmosférico y clima, estos requieren un análisis discriminado para entender qué fenómeno pertenece a qué escala: meteorológica o climatológica. En la **FIGURA 8** se presenta la clasificación de los fenómenos meteorológicos e hidroclimáticos extremos. Esta diferencia en las escalas de los fenómenos señala la necesidad de un tratamiento diferente a la hora de analizarlos y enfrentarlos.

En la interrelación de las escalas meteorológica y climatológica, el clima define el tipo de fenómenos de escala meteorológica que se presentan en un lugar o región durante alguna época del año. Así, hay regiones que por las características de su clima, experimentan un ciclo anual muy particular en la frecuencia de determinados fenómenos meteorológicos extremos. También es posible evidenciar que en algunos años, determinados eventos extremos son más frecuentes de lo normal (promedio del ciclo anual), mientras que en otros, dicha frecuencia es menor.

En los últimos decenios, los cambios en el clima han causado impactos en los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos (IPCC, 2014). Los fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y el cambio climático, pueden tener efectos negativos sobre los sistemas humanos y naturales principalmente, produciendo impactos. Los impactos se refieren a la interacción de los fenómenos climáticos peligrosos en un lapso de tiempo dado y a la vulnerabilidad de los sistemas expuestos a ellos. Dichos fenómenos extremos se presentan en una región e impactan sobre lo que encuentren bajo su presencia y eventualmente, generan desastres. **(FIGURA 9)**.

En la actualidad, esta cadena *fenómeno–sistema impactado–desastre* se analiza bajo el marco conceptual de la Teoría del riesgo de desastres climáticos. El progreso en esta teoría ha llevado a que los conceptos de amenaza, exposición y vulnerabilidad se

FIGURA 9.
Representación esquemática de la cadena fenómeno extremo–sistema impactado–desastre que ocurre en la realidad (arriba), la aproximación conceptual para su análisis (al centro) y la composición del concepto de vulnerabilidad (abajo)



FUENTE: IPCC (2012a) y Pabón (2012).

fundamenten en los desarrollos más recientes de la Teoría del riesgo, bajo la cual se representan conceptual y teóricamente las situaciones que conllevan impactos negativos y desastres.

La **FIGURA 9** muestra la interacción entre los conceptos de los factores que conforman el riesgo: Amenaza, Exposición, Sensibilidad y Vulnerabilidad.

En este marco conceptual, se describen los conceptos representados en la **FIGURA 9**. Se considera al riesgo como el potencial impacto negativo que un fenómeno extremo pueda causar, el cual se valora en términos de probabilidad de pérdidas o daños.

"El riesgo de los impactos conexos al clima se deriva de la interacción de los peligros (amenazas) conexos al clima (incluidos episodios y tendencias peligrosas) con la vulnerabilidad y la exposición de los sistemas humanos y naturales" (IPCC, 2014).

“La amenaza o peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicas relacionadas con el clima o los impactos físicos de este”. En el contexto climático se relaciona con fenómenos meteorológicos y climáticos extremos y al cambio climático (IPCC, 2014).

La exposición hace referencia a la “presencia de personas; medios de subsistencia; especies o ecosistemas; funciones, servicios y recursos ambientales; infraestructura; o activos económicos, sociales o culturales en lugares y entornos que podrían verse afectados negativamente” (IPCC, 2014).

La vulnerabilidad es la característica intrínseca del sistema o sus elementos que lo hacen propenso a verse afectado negativamente. Su definición incluye la sensibilidad o susceptibilidad, al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse (IPCC, 2014).

La sensibilidad muestra el “grado en que un sistema o especie resultan afectados, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climático” (IPCC, 2014).

La capacidad de adaptación indica “la capacidad de los sistemas, las instituciones, los humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias” (IPCC, 2014).

1.2. Base Metodológica

1.2.1. Área de Estudio

El área de estudio se extiende sobre los territorios amazónicos[2] de los ocho Países Miembros de la Organización del Tratado de Cooperación Amazónica (OTCA): Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú, Surinam y Venezuela[3].

Dada la diversidad de opciones de delimitación de la Región Amazónica sustentadas y usadas en diferentes documentos y fuentes bibliográficas existentes, para delimitar los mapas del Atlas se tomaron como base, los límites administrativos establecidos por los Países Miembros de la OTCA, así como las características geográficas, ecológicas o particularidad biológica representada por el bioma tropical, el escudo guayanés, el escudo brasileño, y los llanos amazónicos.

El área de estudio fue delimitada a partir de la unificación del conjunto de límites propuestos por fuentes bibliográficas relacionadas con el área del Bioma Amazónico (límite biogeográfico[4]), la Cuenca hidrográfica del río Amazonas (límite hidrográfico[5]) y el área político–administrativa definida por cada país (Región Amazónica[6]).Ver **MAPA 1. LÍMITES DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Según esta unificación, la Región Amazónica se extiende sobre un área de 7'918.682,31 km² que se localiza entre los 9°N y 21°S y 44°W y 80°E, en el norte y centro de América del Sur. Su altitud va desde los 5.597 msnm en la cordillera de los Andes hasta los 0 msnm en la desembocadura del río Amazonas en el océano Atlántico.

La cuenca hidrográfica amazónica sensu estricto (limitada en azul en el **MAPA 1**) se extiende sobre un área de 6.118.000 km², según los resultados presentados en el Programa de Acciones Estratégicas, elaborado por el Proyecto OTCA/ONU Medio Ambiente/GEF- Amazonas-Recursos Hídricos y Cambio Climático y validado por los Países Miembros de la OTCA.

El **MAPA 2. LÍMITE DEL ÁREA DE ESTUDIO** incluye la Red hidrográfica del Amazonas.

1.2.2. Aspectos Metodológicos Estructurales del Atlas

La producción del Atlas se realizó en cuatro fases:

1] Caracterización biogeofísica, que comprende las características del medio biológico, geográfico y físico del territorio de la Región Amazónica.

2] Análisis de amenazas hidroclimáticas.

3] Estimación de la vulnerabilidad ante fenómenos hidroclimáticos extremos: estimación de la sensibilidad y de la capacidad de adaptación; cálculo y análisis de la vulnerabilidad.

4] Generación del Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica.

Para la fase de caracterización de la Región Amazónica se recopiló la información bibliográfica y cartográfica existente con el fin de elaborar una descripción biofísica y socioeconómica, a manera de diagnóstico de la situación actual de la Región[7].

Para el análisis de las amenazas se determinaron los fenómenos hidroclimáticos que se presentan con mayor frecuencia en la Región Amazónica y que impactan tanto sobre los ecosistemas, como sobre la población y sus actividades.

Con el conocimiento de las amenazas hidroclimáticas, se definió la población, sus medios de vida y las condiciones biofísicas de la Región Amazónica como sujetos de análisis o elementos expuestos de este estudio. Luego, se construyeron los indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación para proceder al cálculo de la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica ante los fenómenos hidroclimáticos identificados (CIIFEN, 2018).

Finalmente, se elaboraron los mapas relacionados con la caracterización de la Región Amazónica, el análisis de las amenazas hidroclimáticas, el comportamiento de la sensibilidad y la capacidad de adaptación socioeconómica, y los resultados del análisis de vulnerabilidad.

En la **FIGURA 10** se describe el proceso desarrollado para la elaboración del presente estudio.

FIGURA 10.
Esquema de trabajo para la elaboración del Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: CIIFEN, 2018.

2. La definición del área de estudio del presente Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica corresponde a los criterios plasmados en el Artículo 2 del Tratado de Cooperación Amazónica (TCA) para la República Bolivariana de Venezuela, incluyendo el territorio que corresponde al Brazo Casiquiare-Río Negro (53.311,16 km²).

3. El territorio de la Guyana Francesa comparte el bioma Amazónico pero no pertenece a la OTCA.

4. Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada, RAISG, https://geo.socioambiental.org/arcgis/services/raisg/raisg_base/MapServer/WMSServer?request=GetCapabilities&service=WMS

5. SO HYBAM (www.ore-hybam.org), Agencia Nacional del Agua de Brasil. Autoridad Nacional del Agua y Ministerio de Agricultura y Riego de Perú.

6. Puntos Focales de Brasil, Colombia Ecuador, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

7. Compilación realizada a partir de los Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

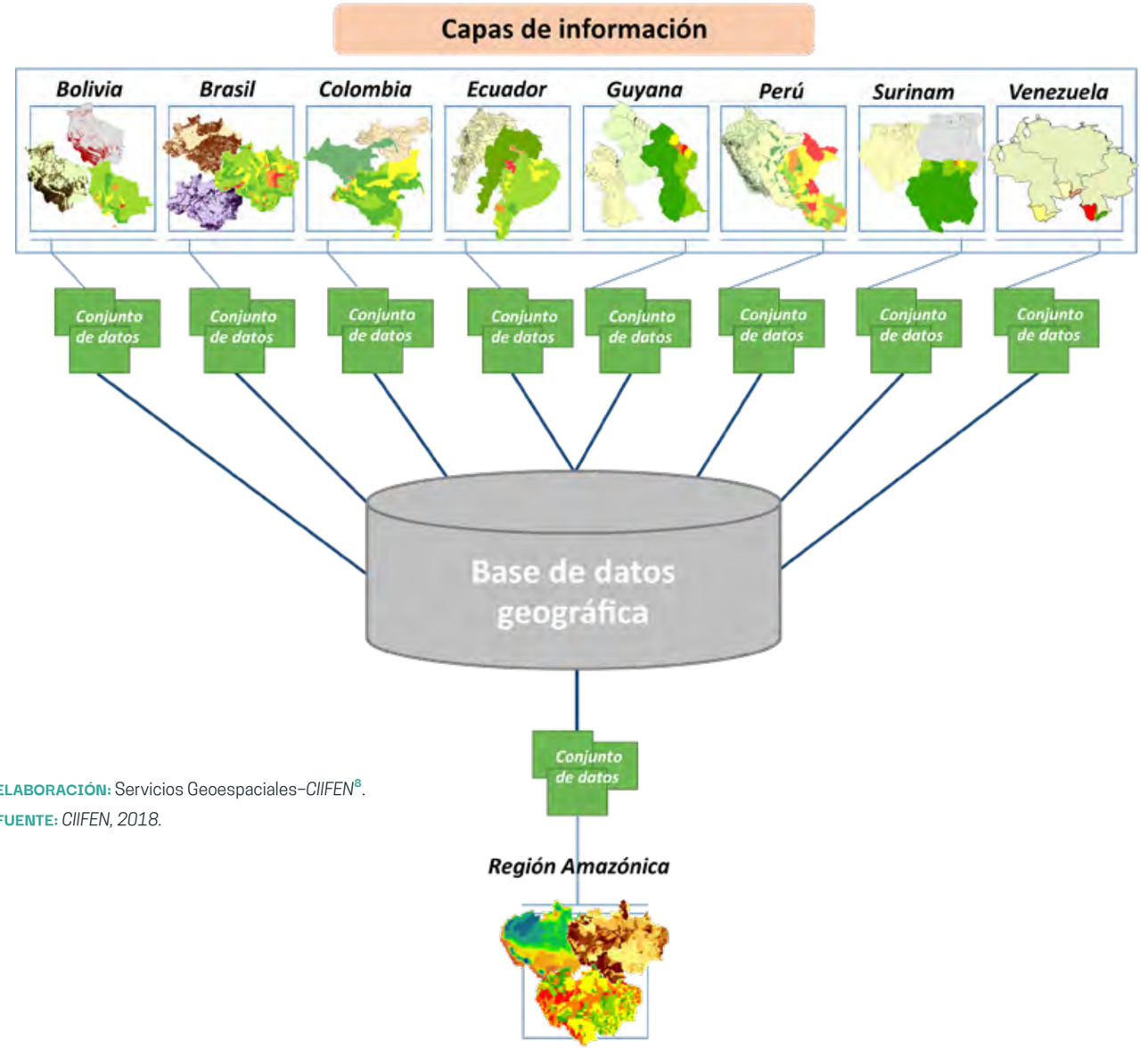
1.2.3. Caracterización Socioeconómica y Biofísica

1.2.3.1. Recopilación de la información y generación de la geodatabase.

La información bibliográfica usada para el análisis de la Región Amazónica, proviene mayormente de estudios realizados en la Región, relacionados con la variabilidad climática, los riesgos de desastres ante eventos adversos, la dinámica de la Región Amazónica con la población y sus características biofísicas. Gran parte de la información consultada tiene un contexto regional, sin dejar de lado algunos estudios hidroclimáticos realizados en cada país y para toda la Región Amazónica.

La recopilación de la información cartográfica requerida para la descripción socioeconómica y biofísica se realizó considerando los datos climatológicos, la cartografía básica, la temática y estadísticas de diferentes fuentes como: geoportales de instituciones oficiales de cada país, páginas web de libre acceso, la cooperación de los Puntos Focales del Proyecto en los países y las bases cartográficas disponibles en el CIIFEN. La información estadística referente a los datos censales de cada país fue obtenida en formato de tabla, a través del software REDATAM (desarrollado por el CELADE para el análisis y mapeo a nivel local y regional de los datos censales, de encuestas y sectoriales), y posteriormente vinculada a la cartografía censal de cada país.

FIGURA 11.
Estructura de la geodatabase



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–*CIIFEN*[8].
FUENTE: *CIIFEN, 2018.*

La información cartográfica fue organizada y alojada en una base de datos geográfica en entorno ArcGIS (plataforma para crear y utilizar Sistemas de Información Geográfica) y PostGreSQL (código abierto), donde se unificaron las unidades de medida y proyección de cada archivo.

La **FIGURA 11** muestra la estructura usada para la generación de la geodatabase (base de datos geográficos) de información para el Atlas.

8. NOTA VENEZUELA: En el caso de la República Bolivariana de Venezuela, se tomaron en consideración datos referentes al Brazo Casiquiare y Río Negro que corresponden a la Región Amazónica Venezolana.

1.2.3.2. Unidad de Análisis Espacial.

La unidad de análisis espacial constituye la unidad mínima o célula territorial, a la que hacen referencia los datos en los que se basa este estudio y por ende, la representación de los resultados de vulnerabilidad obtenidos.

Las características socioeconómicas y el análisis de vulnerabilidad de la Región Amazónica tienen como unidad de análisis la división político–administrativa a nivel medio de cada país, tal como se presenta en la **TABLA 1**.

En el caso de las características biofísicas, la unidad de análisis espacial es la división de cuencas o unidades hidrográficas según Pfafstetter, Nivel 4 (CAN, 2008).

TABLA 1.
División político–administrativa aplicada para la construcción del Atlas

País	División política
Bolivia	Provincia
Brasil	Municipio
Colombia	Municipio
Ecuador	Cantón
Guyana	Consejo vecinal
Perú	Provincia
Surinam	Distrito
Venezuela*	Municipio

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA[9].

9. Puntos focales de la OTCA: Brasil, Ecuador, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y banco de datos del CIIFEN.

* En el caso de la República Bolivariana de Venezuela, se tomaron en consideración datos referentes al Brazo Casiquiare y Río Negro que corresponden a la Región Amazónica Venezolana.

1.2.3.3. Construcción de los Mapas Socioeconómicos.

Los mapas socioeconómicos fueron construidos a partir de información censal de población de cada País Miembro de la OTCA, obtenida en los portales web oficiales de los Institutos de Estadística y Censos[10]. Los datos fueron descargados en forma de tablas de Excel o Base de Datos, y posteriormente vinculados al área geográfica o unidad de análisis de cada país.

Cabe señalar que los datos socioeconómicos corresponden a los últimos censos de población y vivienda de cada país hasta el 2012, lo que permite realizar un análisis cualitativo de la población por la heterogeneidad de los años de levantamiento y publicación de la información censal, tal como se observa en la **SIGUIENTE TABLA**:

TABLA 2.
Países Miembros de la OTCA y su último año censal

País	Censo
Bolivia	2012
Brasil	2010
Colombia	2005
Ecuador	2010
Guyana	2012
Perú	2007
Surinam	2012
Venezuela	2011

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA[11].

10. Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Surinam: Algemeen Bureau voor de Statistiek in Suriname, Censo de población y vivienda 2012; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

Las características poblacionales analizadas son:

- Población total
- Densidad poblacional
- Población indígena
- Crecimiento poblacional (dos últimos censos)
- Población por grupos de edad
- Índice de dependencia por edad
- Tasa de analfabetismo
- Pobreza por necesidades básicas insatisfechas–NBI
- Actividades económicas
- Población Económicamente Activa (PEA) con dedicación agropecuaria
- Población Económicamente Activa (PEA) con actividades alternas a la agricultura

11. Puntos focales de la OTCA: Brasil, Ecuador, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y banco de datos del CIIFEN.

* En el caso de la República Bolivariana de Venezuela, se tomaron en consideración datos referentes al Brazo Casiquiare y Río Negro que corresponden a la Región Amazónica Venezolana.

Otro tipo de información social, corresponde a las características de la infraestructura como:

- Establecimientos de salud
- Establecimientos de educación
- Red de carreteras principales y secundarias
- Red de hidrovías
- Infraestructura eléctrica

1.2.3.4. Construcción de los Mapas Biofísicos.

Los mapas biofísicos se construyeron a partir de información temática y de cartografía base provista por los Puntos Focales de la OTCA y a través de los portales web oficiales de las entidades de gobierno de algunos países[12].

Las características biofísicas analizadas son:

- Relieve
- Clasificación taxonómica del suelo
- Textura del suelo
- Aptitud agrícola del suelo
- Temperatura media anual
- Precipitación anual
- Evapotranspiración real
- Balance hídrico
- Clasificación climática de Köppen
- Tipo de vegetación
- Ecorregiones
- Red hídrica principal
- Unidades hidrográficas nivel 4

12. Bolivia: Geo Bolivia (https://geo.gob.bo/portal/); Brasil: Agencia Nacional de Aguas (https://www.ana.gov.br), Ministerio de Medio Ambiente (https://www.mma.gov.br/); Ecuador: Instituto Geográfico Militar (www.igm.gob.ec), Sistema Nacional de Información (https://sni.gob.ec), Ministerio de Obras Públicas (https://www.obraspublicas.gob.ec), Secretaría del Agua (https://www.agua.gob.ec); Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar de Venezuela .

Los mapas sobre información climatológica como: temperatura media anual, precipitación anual, evapotranspiración real y balance hídrico, se construyeron a partir de datos históricos de temperatura y precipitación.

1.2.3.5. Construcción de los Mapas Climatológicos.

Para la construcción de los mapas climatológicos se usaron los datos de precipitación y de temperatura media[13] de las estaciones meteorológicas disponibles, optimizándolos mediante modelos globales, como para el mapa de precipitación media. En el caso de la temperatura, los valores usados fueron ajustados con los datos del Modelo Digital de Elevación (MDE).

1.2.3.5.1. Precipitación anual.

Los datos de precipitación media fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas de los servicios meteorológicos e hidrológicos de la Región, y complementados con la información de las bases de datos del Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM)[14] (NASA, 2013). Para tal efecto, se creó una imagen *grid* de 11.125 puntos de información de precipitación en mm, con una resolución de 30 km (distancia entre puntos), a la cual se le sumaron las estaciones meteorológicas anteriormente seleccionadas, obteniendo un total de 11.276 puntos. Con base en esto, se aplicó el método geoestadístico de interpolación Kriging, con una resolución espacial de 500 m, dando como resultado los mapas finales de precipitación mensual y anual para la Región Amazónica.

Los datos de precipitación de TRMM se encuentran definidos en mm/h, lo que requirió que se aplicara un factor de conversión para obtener los datos en mm/mes. El factor de conversión aplicado fue el siguiente:

$$P._{mensual} = P._{hora} * h * d$$

Donde:

- $P._{mensual}$ = precipitación mensual
- $P._{hora}$ = precipitación en milímetros por hora
- h = número de horas del día
- d = número de días promedio del mes

13. En este primer estudio no se consideraron la tasa de deforestación ni la del uso del suelo, variables relevantes que serán incorporadas en una próxima actualización del Atlas.

14. https://pmm.nasa.gov/trmm.

1.2.3.5.2. Temperatura Media Anual.

La temperatura media anual es un valor que se obtiene a partir del promedio de las temperaturas medias registradas en cada uno de los doce meses del año (Instituto Nacional de Geografía de España, 2020). La temperatura media fue calculada a partir de datos de temperatura máxima y mínima medidas en las estaciones meteorológicas del área de estudio de los servicios meteorológicos e hidrológicos de la Región (CIIFEN, 2014). Una vez obtenido el valor de la temperatura media para cada estación, sumado a la estimación de la temperatura media y tomando como base la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) de 500 m (tamaño del pixel), se generaron los mapas finales de temperatura media mensual y anual para la Región Amazónica.

El cálculo fue elaborado bajo la aplicación de un modelo de correlación y ecuación de regresión, entre la información de temperatura media existente para cada estación, su valor de altura y el MDE (Alarcón y Pabón, 2013). La ecuación utilizada fue la siguiente:

$$T°C = \frac{h-a}{b}$$

Donde:

- $T°C$ = temperatura media en grados centígrados
- h = altura sobre el nivel del mar (MDE)
- a = relación del eje (temperatura y altura)
- b = intersección de la pendiente (temperatura y altura)

1.2.3.5.3. Evapotranspiración Real

La evapotranspiración se calculó usando el método propuesto por Turc (Sánchez San Román, 2001), para lo cual se aplicó la siguiente fórmula con información espacial:

$$ETR = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P^2}{L^2}\right)}}$$

Donde:

- ETR = Evapotranspiración Real
- P = precipitación (mm)
- L = $300 + 25T + 0.05T^3$
- T = temperatura en °C

1.2.3.5.4. Balance Hídrico.

El balance hídrico fue calculado utilizando la cobertura de precipitación anual y la evapotranspiración real, usando para ello la siguiente expresión (UNESCO, 1981):

$$P_a - ETR$$

Donde:

P_a = precipitación anual

ETR = evapotranspiración real

1.2.4. Metodología para el Análisis de Amenazas Hidroclimáticas

Los fenómenos hidroclimáticos extremos se visibilizaron mediante el cálculo del Índice Estandarizado de Precipitación Extrema (Standard Precipitation Index, SPI, sigla en inglés) y la cuantificación de la frecuencia de eventos en los que se sobrepasaron los umbrales establecidos para considerarlos extremos.

El SPI se basa en el análisis de la diferencia entre las desviaciones estándar y el promedio de una serie prolongada de datos de precipitación. La mayor parte de los valores del SPI oscila entre −3,0 y 3,0, donde los valores negativos indican un déficit de precipitación en relación con los volúmenes normales para la Región y los positivos indican excesos. Por lo tanto, los mínimos y los máximos de este índice señalan los eventos extremos de sequía y humedad; este es un índice que ha alcanzado mucha importancia dentro de los análisis de extremos climáticos en la Región y ha sido ampliamente usado para estudios de la sequía (Vicente-Serrano et al., 2012; Edwards y McKee, 1993). Sin embargo, puede ser utilizado también para el análisis de la fase extrema opuesta, es decir, períodos con precipitaciones extremas, permitiendo inferir acerca de las inundaciones; en el último caso, se utilizó también el mapa de zonas inundables.

Dado que los eventos hidroclimáticos extremos son aquellas anomalías que ocurren en un período prolongado más largo que la estación lluviosa o seca, se tomó el SPI para intervalos de seis meses (SPI6), usando los datos del período 1979–2014, descargados de la biblioteca del International Research Institute for Climate and Society (IRI, 2014), localizada en la Universidad de Columbia, Estados Unidos.

A partir del análisis de la historia de los desastres hidroclimáticos ocurridos en la Región Amazónica con base en los registros de los países en diferentes medios, se identificaron los fenómenos hidroclimáticos de mayor incidencia en la Región y los aspectos socioeconómicos y biofísicos mayormente afectados. Para el caso de este estudio, como se presenta más adelante, los desastres de mayor frecuencia y magnitud han sido los generados por las sequías y las inundaciones.

Posteriormente, se realizó la zonificación de los fenómenos extremos identificados por medio de la distribución espacial de la frecuencia de los fenómenos en el territorio de la Región Amazónica. Con la zonificación del fenómeno y los elementos expuestos se elaboraron los mapas de amenaza bajo los fenómenos de sequía e inundación.

1.2.5. Metodología para la Determinación de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se determinó tomando en cuenta la definición del Cuarto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) donde la vulnerabilidad se comprende como la capacidad de un sistema para afrontar los efectos negativos del cambio climático, la variabilidad climática y los fenómenos extremos del clima, en función de su exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación, para lo cual se plantea la siguiente expresión:

Vulnerabilidad = (Exposición + Sensibilidad) – Capacidad de Adaptación

En el marco del Atlas, se considera que la exposición es un elemento externo a la vulnerabilidad, que está relacionado directamente con la amenaza, con lo cual se siguen también algunas reflexiones del IPCC, en el sentido que la exposición y la vulnerabilidad a los fenómenos meteorológicos y climáticos, determinan los impactos y la probabilidad de ocurrencia de desastres (riesgos de desastres). (IPCC, 2012). Es decir:

Riesgo = Amenaza x Exposición x Vulnerabilidad

De esa forma, para la elaboración del Atlas se ha considerado la recomendación del Quinto Informe de Evaluación del IPCC (IPCC, 2014), en el cual se indica que la vulnerabilidad está en función de la sensibilidad y de la capacidad de adaptación, según se detalla:

Vulnerabilidad (V) = Sensibilidad (S) – Capacidad de Adaptación (CA)

La sensibilidad corresponde al grado en el que un sistema o especie puede verse afectado de manera negativa o beneficiosa, por la variabilidad o el cambio climático. La capacidad de adaptación, por su parte, reúne todos los factores que fortalecen a dichos sistemas o especies contra los impactos ocasionados por los fenómenos extremos (IPCC, 2014).

Con base en lo anterior, se identificaron dos sujetos de análisis (es decir, elementos centrales a estudiarse), para la determinación de la vulnerabilidad de la Región Amazónica y estos son: el sistema socioeconómico y el biofísico.

1.2.5.1. Determinación de las Vulnerabilidades en la Región Amazónica.

Aspectos conceptuales

El estudio muestra la vulnerabilidad desde una perspectiva integral o vulnerabilidad hidroclimática que es la interacción entre la vulnerabilidad socioeconómica y la vulnerabilidad física, permitiendo establecer las limitaciones biofísicas del territorio en su relación con las dinámicas socioeconómicas de la población. Es por ello que el enfoque es cuantificar y establecer los niveles de vulnerabilidad.

La vulnerabilidad ha sido trabajada tomando en cuenta los aspectos de sensibilidad y capacidad de adaptación, como se ha explicado anteriormente, considerando los fenómenos hidroclimáticos de inundaciones y sequías, lo cual se presenta en la **TABLA 3**.

Para el cálculo de vulnerabilidad -ya sea por sequía o inundaciones- se realiza la suma de todos los indicadores de sensibilidad y de los indicadores de capacidad de adaptación, concluyéndose en una vulnerabilidad por sequía o por inundaciones, ya sea para los sistemas socioeconómicos o biofísicos. El resultado es normalizado y clasificado en cinco niveles de vulnerabilidad socioeconómica y vulnerabilidad biofísica.

Esto permite concluir en una distribución espacial de la vulnerabilidad socioeconómica ante sequías e inundaciones y en una distribución espacial de la vulnerabilidad biofísica ante sequías e inundaciones. El concepto de vulnerabilidad integral se aplica en la distribución espacial de la vulnerabilidad integral ante inundaciones en la Región Amazónica.

Aspectos técnicos

La selección de los indicadores se realizó a partir de un listado aproximado de 50 variables, las que fueron resumidas en 29 variables, de acuerdo a la disponibilidad de la información espacial-estadística y a la homogeneidad de la información entre los Países Miembros de la OTCA.

Para la integración de los indicadores en la fórmula de vulnerabilidad, estos se valoran de acuerdo a los fenómenos que lo influencian, es decir, que se valora el indicador en función de su sensibilidad o de su capacidad de respuesta ante las sequías o las inundaciones.

A efectos de lograr una estandarización de los datos, para hacerlos comparables, se ejecutó un proceso de normalización aplicando el método de "min-max" mediante la siguiente fórmula (Hudrliková, 2013):

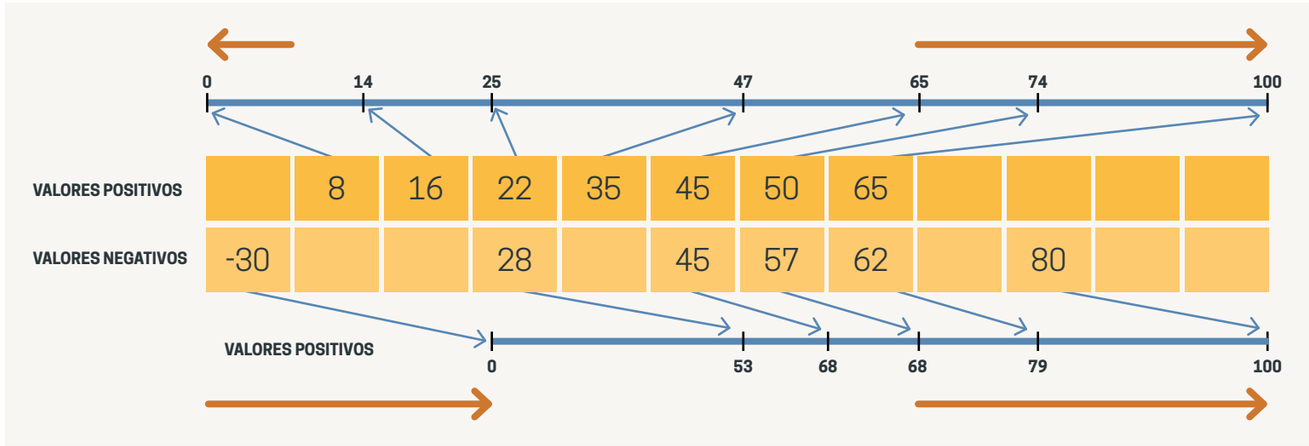
$$Val_N = \frac{Val_i - Val_{min}}{Val_{max} - Val_{min}}$$

Donde:

Val_N = Valor normalizado
Val_i = Valor del indicador
Val_{min} = Mínimo valor del indicador
Val_{max} = Máximo valor del indicador

En el método min-max el valor mínimo y máximo de la base de datos se desplaza a los valores 0 y 1, respectivamente, y todos los demás datos se transforman en el rango [0,1], utilizando la fórmula. Con este proceso los datos de los indicadores se llevaron a un rango entre 0 y 100 donde el menor valor es forzado a 0 y el mayor a 100 **(FIGURA 12)**.

FIGURA 12.
Proceso de normalización de indicadores



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN. **FUENTE:** (CIIFEN, 2018).

1.2.5.1.1. Construcción de Indicadores de Vulnerabilidad de los Sistemas Socioeconómicos.

Los indicadores de vulnerabilidad socioeconómica fueron construidos tomando en cuenta los indicadores de sensibilidad y de capacidad de adaptación indicados en la **TABLA 3**, y que se desarrollan a continuación.

TABLA 3.
Tipos de vulnerabilidad: variables e indicadores ante inundaciones y sequías

Tipos	Variables	Indicadores	Inundaciones	Sequías
Vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos	Sensibilidad	Por dependencia de edad	X	X
		De la actividad agropecuaria	X	X
		Por aptitud agrícola	X	X
		Por dotación vial	X	
	Capacidad de adaptación	Por presencia de infraestructura de salud	X	X
		Por presencia de infraestructura educativa	X	
		Por actividades económicas alternativas a la agricultura	X	X
		Por abastecimiento de agua potable		X
Vulnerabilidad biofísica	Sensibilidad	Por dotación de red hídrica	X	X
		Por pendiente del terreno	X	X
		Por textura del suelo	X	X
		Por tipo de vegetación	X	X

ELABORACIÓN: OTCA. **FUENTE:** Servicios Geoespaciales-CIIFEN.

Indicadores de sensibilidad

Sensibilidad por dependencia de edad

El índice de dependencia por edad es generado a partir de los datos de población según los grupos de edad y relaciona a la población económicamente dependiente (personas menores de 14 y mayores de 65 años) con la no dependiente (personas entre 15 y 64 años), que al mismo tiempo es considerada económicamente activa (Saad et al., 2008). Para la obtención del indicador se aplicó la siguiente expresión:

DE = PD - PND

Donde:

DE = Dependencia de Edad
PD = Población Dependiente
PND = Población No Dependiente

El indicador de dependencia por edad fue valorado con una escala de vulnerabilidad de 0 a 100, considerando que las divisiones políticas que tengan mayor número de habitantes dependientes serán más susceptibles ante eventos hidroclimáticos extremos, que aquellas donde esta tasa sea menor. Se consideró la valoración siguiente **(TABLA 4)**.

TABLA 4.
Valoración de la sensibilidad por dependencia de edad ante eventos de sequías e inundaciones

Valor normalizado	Sensibilidad a sequías	Sensibilidad a inundaciones
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

El indicador muestra que mientras mayor es el índice de dependencia por edad, mayor es la carga que ejerce la población dependiente sobre la productiva. Consecuentemente, se consideró la misma valoración para la evaluación de sequías e inundaciones.

Sensibilidad de la actividad agropecuaria

La población económicamente activa (PEA) dedicada a las actividades agropecuarias es un indicador que incide en el nivel de sensibilidad económica de la Región, considerando que lo agrícola es uno de los medios de vida más usados por la población amazónica. Así, cuantas más personas se encuentren ligadas a las actividades agropecuarias, mayor será su nivel de sensibilidad ante la ocurrencia de un evento extremo.

Para la obtención del índice, se consultaron las bases de datos de información estadística, demográfica y económica de cada país, de donde se extrajeron los datos de la población económica según la rama de actividad a la que se dedica. Así, se calculó el porcentaje de población con dedicación a las actividades agropecuarias con respecto al total del PEA. El porcentaje fue normalizado entre 0 y 100 para su inclusión en la fórmula de vulnerabilidad **(TABLA 5)**.

TABLA 5.
Valoración de la sensibilidad de la actividad agropecuaria ante eventos de sequías e inundaciones

Valor normalizado	Sensibilidad a sequías	Sensibilidad a inundaciones
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN (2014).
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Sensibilidad por aptitud agrícola

La sensibilidad por aptitud del suelo en las áreas agrícolas fue obtenida a partir de la información de la aptitud del suelo y de las áreas con dedicación agrícola de la Región.

Se unificaron las categorías adoptadas por cada país para la aptitud agrícola del suelo, y se obtuvieron categorías con valores entre 1 y 4, como lo muestra la **TABLA 6**.

TABLA 6.
Valoración de las categorías de la aptitud agrícola

Categoría	Valoración
Aptitud mala	4
Aptitud regular	3
Aptitud buena	2
Sin aptitud	1

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN (2014).
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

A partir de la información de uso de suelo de cada país se seleccionaron áreas con cultivos de ciclo corto, perennes, pastos y arboricultura. Se generó una cobertura general con la información de las áreas cultivadas, la que posteriormente fue cruzada con la capa de aptitud agrícola antes descrita; así se obtuvo la clasificación de las zonas agrícolas según la aptitud del suelo para cada tipo de actividad.

La valoración de la sensibilidad de la aptitud de áreas agrícolas fue la misma para sequías e inundaciones, partiendo del supuesto de que la producción agrícola se ve afectada en ambos casos **(TABLA 7)**.

TABLA 7.
Valoración de la sensibilidad por aptitud agrícola ante eventos de sequías e inundaciones

Valor normalizado	Sensibilidad a sequías	Sensibilidad a inundaciones
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN (2014).
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Sensibilidad por dotación vial

Se refiere a la proporción de vías de primer y segundo orden con respecto al área de las divisiones políticas a las que pertenecen. Para la generación del índice se calculó la longitud de las vías, y se multiplicó el valor obtenido por un factor asociado a su orden (2 para vías de primer orden, 1 para vías de segundo orden). Finalmente, se sumaron los valores obtenidos para cada división política. Dichos valores fueron llevados al nivel de representación político-administrativa y valorados en términos de vulnerabilidad.

El indicador fue aplicado para evaluar la sensibilidad ante inundaciones; se lo valoró considerando que las divisiones políticas con mayor densidad de red vial son aquellas que poseen mayor sensibilidad en cuanto a la exposición de la infraestructura vial. Los valores fueron normalizados entre 0 y 100 **(TABLA 8)**.

TABLA 8.
Valoración de la sensibilidad por dotación vial ante eventos de inundaciones

Valor normalizado	Sensibilidad a inundaciones
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Indicadores de capacidad de adaptación

Capacidad de adaptación por presencia de infraestructura de salud

Se consideró que el número de los centros de salud presentes en una región es un indicador para su capacidad de adaptación. Los valores de número de centros de salud fueron normalizados entre 0 y 100 para su inclusión en la fórmula de vulnerabilidad **(TABLA 9)**.

TABLA 9.
Valoración de la capacidad de adaptación por infraestructura de salud ante eventos de sequías e inundaciones

Valor normalizado	Capacidad de adaptación ante sequías	Capacidad de adaptación ante inundaciones
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Dicho indicador fue aplicado tanto para sequías como para inundaciones, dándose para ambas la misma valoración.

Capacidad de adaptación por presencia de infraestructura educativa

Los centros educativos forman parte de las infraestructuras públicas comúnmente utilizadas en situaciones de emergencia como refugio o albergue de personas damnificadas por efecto de las inundaciones (ISDR, 2008; EIRD/ONU, 2004). En este sentido, la infraestructura escolar puede ser considerada un medio de adaptación ante inundaciones, para lo cual se contabiliza el número de escuelas en cada una de las divisiones político-administrativas.

Cuanto mayor es el número de establecimientos de educación en una localidad, mayor será la capacidad de adaptación ante eventos de inundaciones. Los valores de número de establecimientos de educación fueron normalizados entre 0 y 100 para su inclusión en la fórmula de vulnerabilidad **(TABLA 10)**.

TABLA 10.
Valoración de la capacidad de adaptación por presencia de infraestructura educativa ante eventos de inundaciones

Valor normalizado	Capacidad de adaptación ante inundaciones
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Capacidad de adaptación por actividades económicas alternativas a la agricultura

Las actividades económicas alternativas fueron consideradas como un índice que muestra la capacidad de la población para migrar hacia otras actividades productivas que no dependan de la agricultura como un medio de subsistencia ante la posible ocurrencia de eventos hidroclimáticos extremos (IPCC, 2012).

Entre las actividades alternativas se consideraron entre otras, la construcción, el comercio, las industrias manufactureras, automotrices y de administración.

La valoración se realizó considerando que las divisiones políticas con mayor diversidad de actividades económicas productivas son aquellas que poseen mayor capacidad de adaptación. El valor total de la población antes descrita fue normalizado entre 0 y 100 para su inclusión en la fórmula de vulnerabilidad **(TABLA 11)**. Dicho indicador fue aplicado tanto para sequías como para inundaciones.

TABLA 11.

Valoración de la capacidad de adaptación por actividades económicas alternativas ante eventos de sequías e inundaciones

Valor normalizado	Capacidad de adaptación ante sequías	Capacidad de adaptación ante inundaciones
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.

FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Capacidad de adaptación por abastecimiento de agua potable

El acceso al agua potable forma parte de los indicadores del Índice de Desarrollo Humano de la población (PNUD, 2014) y es uno de los principales Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Agenda 2030. Al mismo tiempo, el acceso al recurso es considerado como una de las medidas fundamentales para la adaptación al cambio climático de la población, como un mecanismo para la reducción de la vulnerabilidad y aumento de la resiliencia (IPCC, 2014; PNUD, 2014).

Si bien otros medios de abastecimiento de agua de la población son los pozos, los ojos de agua, las ciénagas, etc., estos son susceptibles a que su capacidad de almacenamiento de agua se vea reducida por los efectos de las sequías (FAO, 2013). Por tanto, para la determinación de la capacidad de adaptación de la población amazónica a dicho evento se tomó como indicador el acceso de la población al suministro de agua potable a partir del porcentaje de viviendas conectadas a la red pública en las regiones amazónicas de cada país; esto se refirió posteriormente a cada división político-administrativa de la Región.

Para su inclusión en la fórmula de vulnerabilidad, la capacidad de adaptación fue valorada a partir del criterio de que aquellas divisiones que poseen mayor cantidad de viviendas conectadas a dicho suministro poseen mayor capacidad de adaptación. Los datos obtenidos fueron normalizados entre 0 y 100 para ser incluidos posteriormente en la fórmula de vulnerabilidad **(TABLA 12)**.

TABLA 12.

Valoración de la capacidad de adaptación por abastecimiento de agua potable ante eventos de sequías

Valor normalizado	Capacidad de adaptación ante sequías
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.

FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

1.2.5.1.2. Construcción de Indicadores de Vulnerabilidad Biofísica.

Los indicadores de vulnerabilidad biofísica fueron construidos tomando en cuenta los indicadores de sensibilidad biofísica, como se presenta a continuación.

Indicadores de sensibilidad

Sensibilidad por dotación de red hídrica

El resultado obtenido para cada unidad hidrográfica fue normalizado entre 0 y 100 para su inclusión en la ecuación de vulnerabilidad, considerando el mayor valor (100) para las unidades hidrográficas más sensibles por su alta densidad de la red hídrica, lo que aumenta su sensibilidad ante una inundación, y el menor valor (0) a aquellas con menor sensibilidad.

En el caso de la evaluación de las sequías, dicha valoración presentó una inversión en su escala, es decir que las unidades hidrográficas con mayor dotación hídrica tienen una menor sensibilidad ante sequías que aquellas cuyas cuencas poseen menor dotación de red hídrica **(TABLA 13)**.

TABLA 13.
Valoración aplicada a la sensibilidad por densidad hídrica ante eventos de sequías e inundaciones

Valor normalizado	Sensibilidad a inundaciones	Valor normalizado	Sensibilidad a sequías
100 ↑ 0	Mayor ↑ Menor	0 ↓ 100	Mayor ↑ Menor

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Sensibilidad por pendiente del terreno

La pendiente del terreno según su porcentaje fue calculada a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) de la Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), con una resolución de 500 metros; a partir de lo cual se calculó el factor de pendiente del terreno mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) (ESRI, 2014). Los porcentajes de pendiente obtenidos fueron clasificados según su gradiente, considerando las clases propuestas por FAO en su guía para la descripción de los suelos (FAO, 2009) aplicada para estudios de vegetación, erosión, riego y drenaje **(TABLA 14)**.

TABLA 14.
Clasificación de pendientes según su porcentaje

Clase	Descripción	%
01	Plano, nivel y cercano al nivel	0 – 1
02	Muy ligeramente inclinado	1,0 – 2,0
03	Ligeramente inclinado	2 – 5
04	Inclinado	5 – 10
05	Fuertemente inclinado	10 – 15
06	Moderadamente escarpado	15 – 30
07	Escarpado	30 – 60
08	Muy escarpado	> 60

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Adaptado de la FAO (2009).

La sensibilidad del suelo de acuerdo con la pendiente del terreno es diferente para sequías y para inundaciones. En el caso de las sequías, aquellos terrenos más escarpados poseen menor capacidad de retención del agua. Lo inverso sucede en el caso de las inundaciones, puesto que aquellos suelos menos inclinados son más propensos a sufrir una inundación (FAO, 2009).

Las valoraciones aplicadas para cada categoría de pendiente, considerando la sensibilidad ante sequías e inundaciones fue la presentada en la **TABLA 15**.

La valoración fue normalizada entre 0 y 100 para su inclusión en la fórmula de vulnerabilidad.

TABLA 15.
Valoración de la sensibilidad por pendiente del terreno ante eventos de sequías e inundaciones

Descripción	%	Sequías	Inundaciones
Plano, nivel y cercano al nivel	0 – 1	1	8
Muy ligeramente inclinado	1,0 – 2,0	2	7
Ligeramente inclinado	2 – 5	3	6
Inclinado	5 – 10	4	5
Fuertemente inclinado	10 – 15	5	4
Moderadamente escarpado	15 – 30	6	3
Escarpado	30 – 60	7	2
Muy escarpado	> 60	8	1

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

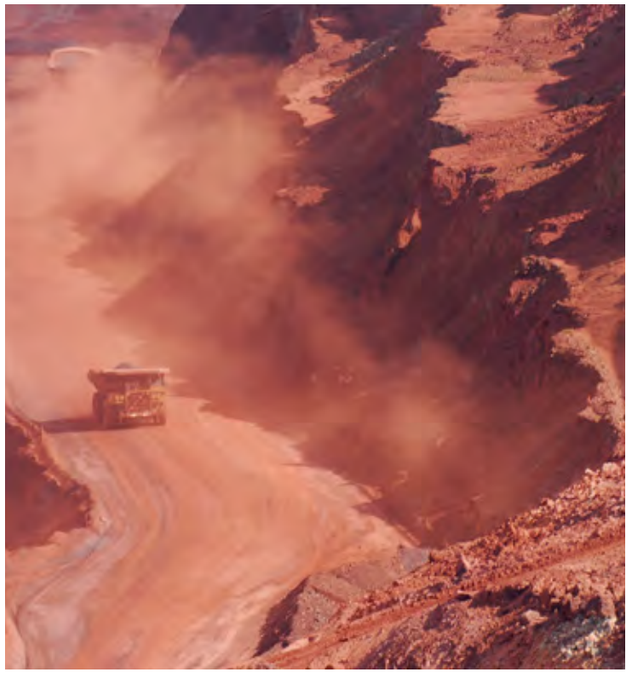
Sensibilidad por textura del suelo

Con base en la clasificación global de los suelos se realizó la valoración de la sensibilidad de acuerdo con el tipo de textura para la evaluación de la vulnerabilidad ante sequías e inundaciones (Batjes, 2011). Las categorías propuestas por el IPCC son las presentadas en la **TABLA 16**.

TABLA 16.
Categorías de textura del suelo de la Región Amazónica

Textura
Suelos arcillosos de alta actividad
Suelos arcillosos de baja actividad
Suelos espódicos (textura gruesa)
Suelos arenosos
Suelos volcánicos
Suelos humedales
Agua

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Batjes (2011).



En la **TABLA 17** se presenta la valoración de la sensibilidad por textura del suelo ante eventos de sequías e inundaciones; se parte del principio que la textura forma parte de uno de los factores que condicionan la infiltración del agua en el suelo. Los suelos con texturas más finas (arcillosos) tienen una mayor capacidad de retención del agua por ser suelos más plásticos; esto hace que un territorio sea más propenso a inundaciones. Lo contrario ocurre con las arenas que, al tener una textura más gruesa, permiten que el agua se infiltre más rápidamente en el suelo (Gardi et al., 2014). Esto favorece la ocurrencia de eventos de sequías ante la menor capacidad del suelo para retener el agua.

Para la aplicación de la fórmula de sensibilidad, las valoraciones asignadas a cada categoría fueron normalizadas de 0 a 100.

Sensibilidad por tipo de vegetación

La cobertura vegetal fue clasificada de acuerdo con la sensibilidad de los diferentes tipos de vegetación ante potenciales eventos de sequías e inundaciones. La unificación de la leyenda de vegetación fue realizada según la clasificación propuesta por Sierra (1999). Esta se basa en la síntesis de metodologías publicadas para la clasificación de la vegetación a nivel global.

En el caso de las sequías, el sector agropecuario, los bosques húmedos y la vegetación aluvial son los más sensibles por sus altos requerimientos de agua y, por tanto, son clasificados con valores entre 4 y 5; la vegetación arbustiva y bosques secos se refieren a ecosistemas adaptados a patrones de poca lluvia y, por lo tanto, les fue asignada la valoración de 1 **(TABLA 18)**.

TABLA 17.
Valoración de la sensibilidad por textura del suelo ante eventos de sequías e inundaciones

Textura	Valoración sequías	Valoración inundaciones
Suelos arcillosos de alta actividad	2	5
Suelos arcillosos de baja actividad	1	4
Suelos espódicos	3	3
Suelos arenosos	4	1
Suelos volcánicos	2	2
Suelos humedales	1	5
Agua	0	0

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Para las inundaciones, la mayor valoración se presenta también en el sector agropecuario, así como en los bosques deciduos y húmedos de tierras bajas (TABLA 18).

La valoración fue realizada en el sentido de la sensibilidad de la vegetación ante eventos de sequías e inundaciones.

1.2.5.2. Cálculo de la Vulnerabilidad.

El cálculo obedece a la aplicación de la fórmula general de vulnerabilidad con la suma de los indicadores parciales de sensibilidad y de capacidad de adaptación socioeconómicos y a los indicadores de sensibilidad biofísica. El resultado de ambos factores es normalizado y para obtener el resultado de vulnerabilidad total se utiliza la siguiente fórmula:

Vulnerabilidad (V) = Sensibilidad (S) – Capacidad de Adaptación (CA)

Los resultados obtenidos tanto para eventos de sequías como para eventos de inundaciones son clasificados en cinco categorías de vulnerabilidad, que van desde el nivel "muy alto" al nivel "muy bajo". La representación de la sensibilidad y de la capacidad de adaptación fue categorizada del mismo modo.

TABLA 18.
Valoración de la sensibilidad por tipo de vegetación ante eventos de sequías e inundaciones

Vegetación por clase	Valoración		Normalización	
	Sequía	Inundación	Sequía	Inundación
Agropecuaria	5	5	100	100
Bosque deciduo/seco de tierras bajas	2	4	40	80
Bosque húmedo siempreverde de tierras bajas (selva tropical)	1	4	20	80
Bosque semideciduo montano	3	2	60	40
Bosque siempreverde de tierras bajas	2	3	40	60
Bosque siempreverde inundable de tierras bajas	2	1	40	20
Bosque siempreverde montano alto	3	1	60	20
Bosque siempreverde montano bajo	3	2	60	40
Bosque siempreverde piemontano	4	2	80	40
Cuerpos de agua	0	0	0	0
Herbazal lacustre de tierras bajas	2	3	40	60
Matorral húmedo de tierras bajas	2	3	40	60
Matorral húmedo montano	3	1	60	20
Matorral seco montano	3	2	60	40
Nevados	0	0	0	0
Sabana	3	4	60	80
Sin vegetación	0	0	0	0
Urbano	0	0	0	0
Vegetación en transición	4	4	80	80

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.

FUENTE: Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

1.2.5.2.1. Cálculo de la Vulnerabilidad de los Sistemas Socioeconómicos.

Para la estimación de la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos se consideraron los indicadores de sensibilidad que han sido mencionados anteriormente ante eventos de sequías e inundaciones.

Inundaciones

La fórmula para el cálculo de la sensibilidad total de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones es:

STSSEi = SDEi + SACAi + SAPAi + SDVi

Donde:

STSSEi = Sensibilidad total de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones

SDEi = Sensibilidad por dependencia de edad ante inundaciones

SACAi = Sensibilidad de la actividad agropecuaria ante inundaciones

SAPAi = Sensibilidad por aptitud agrícola ante inundaciones

SDVi = Sensibilidad por dotación vial ante inundaciones

La fórmula para el cálculo de la capacidad de adaptación total de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones es:

CATSSEi = CAPISi + CAPIEi + CAAEAi

Donde:

CATSSEi = Capacidad de adaptación total de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones

CAPISi = Capacidad de adaptación por presencia de infraestructura de salud ante inundaciones

CAPIEi = Capacidad de adaptación por presencia de infraestructura educativa ante inundaciones

CAAEAi = Capacidad de adaptación por actividades económicas alternativas a la agricultura ante inundaciones

Sequías

La fórmula para el cálculo de la sensibilidad total de los sistemas socioeconómicos ante sequías es:

STSSEs = SDEs + SACAs + SAPAs

Donde:

STSSEs = Sensibilidad total de los sistemas socioeconómicos ante sequías

SDEs = Sensibilidad por dependencia de edad ante sequías

SACAs = Sensibilidad de la actividad agropecuaria ante sequías

SAPAs = Sensibilidad por aptitud agrícola ante sequías

La fórmula para el cálculo de la capacidad de adaptación total de los sistemas socioeconómicos ante sequías es:

CATSSEs = CAPISs + CAPIEs + CAAEAs + CAAAPs

Donde:

CATSESs = Capacidad de adaptación total de los sistemas socioeconómicos ante sequías

CAPISs = Capacidad de adaptación por presencia de infraestructura de salud ante sequías

CAPIEs = Capacidad de adaptación por presencia de infraestructura educativa ante sequías

CAAEAs = Capacidad de adaptación por actividades económicas alternativas a la agricultura ante sequías

CAAAPs = Capacidad de adaptación por abastecimiento de agua potable ante sequías

Una vez obtenida la sensibilidad y capacidad de adaptación total es aplicada la operación de resta entre ambos resultados:

A. Vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones

La fórmula para el cálculo de la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones es:

VSSEi = STSSEi – CATSSEi

Donde:

VSSEi = Vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones

STSSEi = Sensibilidad total de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones

CATSSEi = Capacidad de adaptación total de los sistemas socioeconómicos ante inundaciones

B. Vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos ante sequías

La fórmula para el cálculo de la vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos ante sequías es:

VSSEs = STSSEs – CATSSEs

Donde:

VSSEs = Vulnerabilidad de los sistemas socioeconómicos ante sequías

STSSEs = Sensibilidad total de los sistemas socioeconómicos ante sequías

CATSSEs = Capacidad de adaptación total de los sistemas socioeconómicos ante sequías

El resultado es normalizado y clasificado en cinco niveles de vulnerabilidad mediante la aplicación del método de intervalos naturales (*natural breaks*, *"jenks"*) disponible en los Sistemas de Información Geográfica (ArcGis).

1.2.5.2.2. Cálculo de la Vulnerabilidad Biofísica.

Para la estimación de la vulnerabilidad se consideraron todos aquellos indicadores que describen las condiciones sensibilidad de las características biofísicas de la Región Amazónica ante las sequías y las inundaciones. En esta aproximación metodológica se considera la sensibilidad como parte integrante de la vulnerabilidad, en donde la capacidad de adaptación forma parte de las características del medio natural (IPCC, 2014).

Inundaciones

La fórmula para el cálculo de la sensibilidad total biofísica ante inundaciones es:

ST-BFi = S-DRHi + S-PTi + S-TSi + S-TVi

Donde:

ST-BFi = Sensibilidad total biofísica ante inundaciones

S-DRHi = Sensibilidad por dotación de red hídrica ante inundaciones

S-PTi = Sensibilidad por pendiente del terreno ante inundaciones

S-TSi = Sensibilidad por textura del suelo ante inundaciones

S-TVi = Sensibilidad por tipo de vegetación ante inundaciones

Sequías

La fórmula para el cálculo de la sensibilidad total biofísica ante sequías es:

ST-BFs = S-DRHs + S-PTs + S-TSs + S-TVs

Donde:

ST-BFs = Sensibilidad total biofísica ante sequías
S-DRHs = Sensibilidad por dotación de red hídrica ante sequías
S-PTs = Sensibilidad por pendiente del terreno ante sequías
S-TSs = Sensibilidad por textura del suelo ante sequías
S-TVs = Sensibilidad por tipo de vegetación ante sequías

El resultado es normalizado y clasificado en cinco niveles de vulnerabilidad mediante la aplicación del método de intervalos naturales (*natural breaks*, *"jenks"*) disponible en los Sistemas de Información Geográfica (ArcGis).

1.2.5.3. Representación de la Vulnerabilidad, la Sensibilidad y la Capacidad de Adaptación.

El grado de vulnerabilidad, sensibilidad y capacidad de adaptación se representó en una escala de 5 niveles (1–5) según la categorización establecida por el CIIFEN (2018), que se visualiza con una gama de colores entre el rojo (muy alto) y verde (muy bajo), como se muestra en la **FIGURA 13** (para vulnerabilidad y sensibilidad) y en la **FIGURA 14** (para la capacidad de adaptación).

FIGURA 13.
Escala de colores aplicada a la representación de los resultados de vulnerabilidad y sensibilidad

Valor	Escala de representación de vulnerabilidad y sensibilidad	Color de representación
5	Muy alta	
4	Alta	
3	Media	
2	Baja	
1	Muy baja	

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN. **FUENTE:** (CIIFEN, 2018).

FIGURA 14.
Escala de colores aplicada a la representación de resultados de capacidad de adaptación

Valor	Escala de representación capacidad de adaptación	Color de representación
5	Muy alta	
4	Alta	
3	Media	
2	Baja	
1	Muy baja	

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN. **FUENTE:** (CIIFEN, 2018).

2

Descripción de la Región Amazónica

2.1. Aspectos Biogeofísicos

La Región Amazónica reúne biomas de gran importancia a escala global, como son los bosques y las selvas tropicales, las sabanas tropicales y los bosques aluviales, donde se halla una alta diversidad de especies de flora y de fauna. Al mismo tiempo, presenta una de las redes hídricas más grandes del planeta y es sumidero de grandes cantidades de dióxido de carbono (CO_2); además, posee una gran capacidad de devolver a la atmósfera oxígeno (O_2), gas que es fundamental para el desarrollo de la vida de la Tierra.

2.1.1. El Relieve (Orografía)

La Región Amazónica se encuentra dominada topográficamente por dos mesetas de origen precámbrico (del período más largo de la historia de la Tierra): el escudo guayanés, ubicado en el hemisferio norte de la región entre Venezuela, Colombia, Guyana y Brasil, y el escudo brasileño al sur, el cual sirve de límite a Brasil con Paraguay y Bolivia. Por el lado oeste, la Amazonía se delimita por la línea divisoria de aguas de las cimas de los Andes en Colombia, Ecuador, Perú y Bolivia.

Los escudos corresponden a las formaciones geológicas más antiguas del planeta de la era precámbrica, de origen sedimentario y de material rocoso arrasado por la erosión (Revista Geográfica Digital, 2013). Poseen una alta biodiversidad, grandes vertientes como el salto del Ángel en el escudo guayanés (Venezuela), con bosques de neblina, acompañados en su entorno por valles y sabanas (Ibáñez, 2008).

El escudo guayanés tiene una altitud máxima de 2.800 m, mientras que el escudo o meseta brasileña alcanza en promedio una altitud máxima de 1.200 m. Entre dichas formaciones se emplazan las planicies (llanuras y valles) desplegadas desde la desembocadura del río Amazonas a los 0 m hasta los 200 m de altitud, donde se alberga la mayor población de bosques tropicales del planeta.

Por la acción de los ríos con flujos de alta energía, estos escudos poseen estructuras geomorfológicas ligadas a esta dinámica como morros o colinas, depresiones, planicies inundables o llanuras de inundación por debajo de los 200 msnm. Estas llanuras y valles se extienden desde los llanos colombianos y venezolanos, atravesando los llanos amazónicos, hasta llegar a la región de El Chaco en Bolivia. Ver el **MAPA 3. RELIEVE DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

2.1.2. Los Suelos

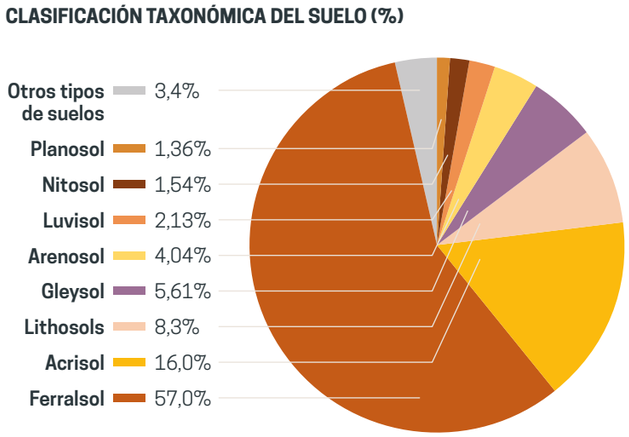
El suelo es el medio natural sobre el cual se desarrollan las plantas terrestres. Se encuentra formado por compuestos sólidos como materia orgánica, minerales, una porción líquida y otra porción gaseosa. La proporción de estos elementos será la que determine el tipo y la textura del suelo.

El suelo está compuesto, según su espesor, por diferentes capas u horizontes, así como por diferentes componentes químicos o minerales que le otorgan características propias. Posee propiedades de intercambio de materia y energía, y sirve como soporte natural a las plantas con raíces (USDA–NRCS, 2010). Depende del clima y condiciona junto a las características del relieve, el tipo de vegetación que en él se produce. Tiene una profundidad máxima de 2 metros. Se desarrolla sobre la roca madre, como resultado de la acción de factores como el clima, el agua, los microorganismos, el relieve y el tiempo (USDA, 2014).

2.1.2.1. Clasificación por Tipo de Suelos.

En la Región Amazónica existen aproximadamente 21 clases de suelos, según sus propiedades taxonómicas, entre las que predominan los ferralsoles (suelos ricos en hierro, 57%), distribuidos principalmente en la llanura amazónica, los acrisoles (suelos ácidos, 16%), predominantes en la zona de los macizos brasileños y los lithosoles (8,3%) presentes a lo largo de la cordillera Real, como se aprecia en la **FIGURA 15**.

FIGURA 15.
Porcentaje de tipo de suelos según su clasificación taxonómica en la Región Amazónica



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales-CIIFEN.
FUENTE: International Soil Reference and Information Centre, ISRIC (2011). Clasificación taxonómica del suelo. (https://www.isric.org/).

Existen además otros tipos de suelos distribuidos en la Región Amazónica en menor porcentaje como: el gleysol (5,61%), el arenosol (4,04%), el luvisol (2,13%), el nitosol (1,54%), el planosol (1,36%), emplazados en las llanuras aluviales, mientras que un pequeño porcentaje un 3,4% corresponde a otros tipos de suelos, y se encuentran distribuidos en sectores dispersos en el Este de la costa Atlántica y al oeste en la naciente del río Amazonas en la zona andina (Batjes, 2011). Ver el **MAPA 4. CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DEL SUELO DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

De los suelos se destacan en primer lugar, los ferralsoles que son característicos de las planicies y de algunas colinas y llanos. Por lo general, son bien drenados, con horizontes de por lo menos 30 cm de espesor. Forman parte de la base para el desarrollo de los bosques tropicales, dado que dichas formaciones vegetales poseen características particulares como son el tipo de clima (tropical) y el relieve (Batjes, 2011).

En segundo lugar, se encuentran los acrisoles, con aproximadamente el 16% del total del suelo amazónico. Son suelos ácidos, con escasa cubierta vegetal, en bosques principalmente aclarados y con bajo contenido de materia orgánica. Bajo la protección de la cubierta vegetal, estos suelos tienden a ser muy porosos, además por estar desprovistos de vegetación, se debilitan y degradan fácilmente, formando costras poco permeables.

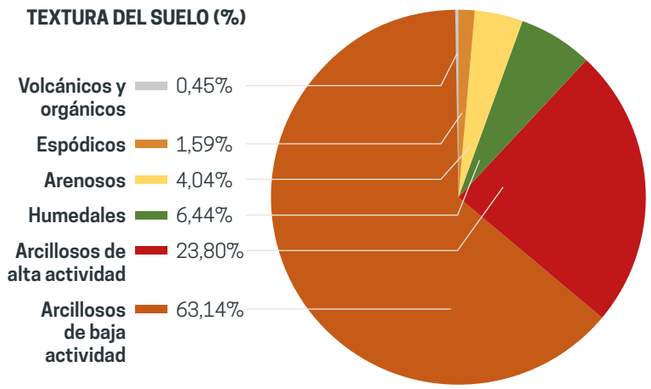
Los acrisoles son por lo general, propios de superficies con relieves ondulados y bajos, que suelen estar periódicamente saturados de agua (Gardi et al., 2014). En la Región Amazónica, se sitúan principalmente en las áreas inundables de los llanos bolivianos y brasileños, en las zonas bajas de Perú y Ecuador, en las áreas de drenaje del río Amazonas, y en los llanos contiguos a los escudos guayanés y brasileño. **(OBSERVE EL MAPA 4)**.

2.1.2.2. Clasificación de los Suelos de la Región Amazónica por su Textura.

La textura forma parte de las propiedades físicas del suelo y se refiere a la proporción de partículas minerales del suelo en función de su tamaño. Según la FAO (2006b), la textura del suelo se clasifica en: arcilla (<0,002 mm), limo (0,002–0,63 mm) y arena (0,063–2,0 mm) (Gardi et al., 2014). El tipo de textura está dado por el predominio de un cierto tipo de partículas (Hernández Jiménez et al., 2006).

En la Región Amazónica existen suelos de tipo arcilloso, arenoso, espódico (plástico), orgánico y volcánico, de los cuales los arcillosos ocupan la mayor proporción del territorio. Los suelos arcillosos se encuentran clasificados en: suelos de baja actividad, que conforman el 63,14%, seguido por los suelos de alta actividad con el 23,8% (Batjes, 2010). Los suelos arcillosos de baja actividad se caracterizan por tener una baja capacidad para retener cationes (carga positiva) y un bajo porcentaje de bases, lo que ocasiona que este tipo de suelos posea poca capacidad para proveer los nutrientes para las plantas (Casanova Olivo, 2005). En cambio, aquellos suelos con alta actividad se encuentran principalmente en zonas con topografía de colinas u ondulada, localizados en climas tropicales, húmedos y subhúmedos. Dichos suelos son comúnmente ácidos, susceptibles a la erosión por su poca profundidad y fertilidad. Por lo tanto, los cultivos desarrollados en este tipo de suelo deben poseer raíces superficiales y son sensibles al estrés hídrico durante la época seca (FAO, 2007).

FIGURA 16.
Porcentaje del tipo de suelo según su textura en la Región Amazónica



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales-CIIFEN.
FUENTE: Clasificación regional de la textura del suelo, Batjes (2010).

Las proporciones según la textura del suelo en la Región se representan en la **FIGURA 16**.

Otros tipos de suelo de menor proporción, como los humedales y los arenosos, se distribuyen en las zonas bajas, enmarcadas por las riberas de los ríos, como es el caso de los suelos de humedales y en las áreas planas de sabanas, como ocurre con los suelos arenosos, según se puede apreciar también en el **MAPA 5. TEXTURA DEL SUELO DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**. Existen suelos en menor porcentaje, con alto contenido de materia orgánica, como son los espódicos, así como hay presencia de suelos de origen volcánico. (Batjes, 2010).

2.1.2.3. Aptitud del Suelo en la Región Amazónica.

La aptitud agrícola de los suelos en su mayor proporción es de regular a mala, debido a su acidez y poca profundidad, propias de suelos con la vegetación tropical, como se presenta en el **MAPA 6. APTITUD AGRÍCOLA DEL SUELO DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

La simbología de dicho mapa se encuentra categorizada en cuatro (4) colores, que permiten distinguir la aptitud del suelo de la Región Amazónica. El color rojo muestra la incidencia de los suelos con muy mala aptitud agrícola, como es el caso de suelos mal drenados y con baja concentración de materia orgánica, que cubren aproximadamente el 43,2% del territorio amazónico. Los suelos con aptitud regular (color amarillo) cubren el 51,0%, una pequeña parte (coloreada en verde en el Mapa 6) que equivale al 3,19% aproximadamente, posee una buena aptitud del suelo y una porción del territorio categorizado como: sin aptitud, (en color gris), corresponde a zonas de nevados, cuerpos de agua, áreas urbanas y áreas sin estudios (2.61%).

2.1.3. El Clima

La Región Amazónica posee zonas climáticas que van desde el clima tropical, que cubre la vasta extensión de las zonas bajas, hasta el clima andino, observado en altitudes por encima de los 1.000 msnm, en una franja en el sector de montaña al occidente del área de estudio. Cabe resaltar que existe una conexión entre los ecosistemas de las zonas altas y bajas de la Región.

El clima de la Región Amazónica está determinado por su localización en la zona ecuatorial, al este de los Andes, y por la influencia de dos sistemas de circulación de la atmósfera en la escala regional: la Zona de Convergencia Intertropical (ZCI) y la Zona de Convergencia del Atlántico Sur (ZCAS), las cuales modulan o condicionan la distribución espacial, el ciclo anual y la intensidad de la precipitación en la Región.

2.1.3.1. La Temperatura del aire.

La temperatura media mensual y anual en la Región Amazónica está condicionada principalmente por la orografía y la latitud. En el **MAPA 7. TEMPERATURA MEDIA ANUAL EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, se observa que desde el sector centro hasta la desembocadura del río Amazonas se presentan los mayores promedios de temperatura (26 y 28°C). Las temperaturas más bajas se dan hacia al oeste, en las estribaciones de los Andes, presentándose hasta 2°C en las altitudes mayores sobre el flanco oriental. Hay núcleos con temperatura medias anuales mayores de 28°C (muy calurosos) en la parte amazónica del norte de Bolivia (sobre el Beni) y en el centro de la parte amazónica de Perú (sobre Ucayali y Loreto) y la frontera con Brasil.

Durante el año, la temperatura media del aire al norte, en la franja ecuatorial, tiene una variación (amplitud) reducida (alrededor de 2°C); al sur de la Región, en la parte amazónica de Bolivia y Brasil, la amplitud del ciclo anual de la temperatura es mayor y puede sobrepasar los 6°C, debido a la influencia de las estaciones del hemisferio sur. El **MAPA 7** contiene además un mosaico de 12 mapas correspondientes a cada mes del año.

2.1.3.2. La Precipitación.

La precipitación media anual en la Región Amazónica presenta una alta variabilidad espacial, como se puede apreciar en el **MAPA 8. PRECIPITACIÓN ANUAL EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**. Los valores superiores a los 3.000 milímetros/año y en algunos lugares con más de 5.000 milímetros, se registran sobre una amplia zona al noroeste, al oriente en un sector que cubre el delta de la desembocadura al océano Atlántico, y en núcleos alineados a lo largo del piedemonte oriental de los Andes en la Amazonía colombiana, ecuatoriana, peruana y boliviana. Un núcleo bastante lluvioso se destaca también en la Amazonía venezolana. Los menores volúmenes se observan al sur de la Región y en las partes más altas de la cordillera de los Andes.

En cuanto al ciclo anual de precipitación, el sector centro–sur presenta los valores máximos de precipitación (volúmenes en el orden de 300 milímetros/mes), entre noviembre y marzo, y los mínimos mensuales entre junio y agosto. En el sector norte, los máximos se dan a mediados de año, entre mayo y julio, y los mínimos entre octubre y febrero. El sector noroccidental (Amazonía de Colombia y Ecuador) presenta altas precipitaciones durante todo el año, pero sobresale un máximo entre marzo y junio. El sector oriental de la Amazonía peruana tiene el máximo de lluvias entre enero y marzo, y la estación con menos lluvias se prolonga de mayo a noviembre. Mayores detalles por mes se encuentran en el mosaico interno del **MAPA 8**.

2.1.3.3. La Evapotranspiración.

En la Región Amazónica, la evapotranspiración, es decir la combinación del proceso de "evaporación" (pérdida de agua a través de la superficie del suelo) y el proceso de "transpiración" de las plantas, según Turc (evapotranspiración Real), presenta los mayores valores en el noroeste y en la desembocadura del río Amazonas en el océano Atlántico, debido a una alta incidencia de la precipitación en esta zona, sumado a la presencia de bosque húmedo (selva tropical), como se puede apreciar en el **MAPA 9. EVAPOTRANSPIRACIÓN REAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

La franja con bajos valores de evapotranspiración anual bordea la Región en el occidente, sobre la parte media–alta y alta de la vertiente oriental de los Andes, al sur y en sectores de la Amazonía colombiana y venezolana, según se observa en el **MAPA 9**.

2.1.3.4. Balance Hídrico Climático.

Las zonas con mayor exceso de humedad, por ende, con más disponibilidad del recurso hídrico, se localizan en la zona noroeste, en una franja en la Amazonía peruana y sobre el delta del río Amazonas.

El déficit se observa en las zonas sur y este de la Región y en los bordes occidentales de la alta montaña de la vertiente oriental de los Andes, aspectos sobre los que da cuenta el **MAPA 10. BALANCE HÍDRICO DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

2.1.3.5. Las Zonas Climáticas.

Varios autores han desarrollado diversas clasificaciones del clima, según las características del área donde se dé, por su vegetación, topografía, temperatura y precipitación, entre otros factores, siendo la más usada la Clasificación climática de Köppen, meteorólogo alemán, que en 1900 creó la clasificación del clima natural de la tierra con base al comportamiento de la temperatura y la precipitación.

2.1.3.6. Clasificación climática de Köppen.

Según Köppen (1884), (Kottek et al., 2006), el clima de la Región Amazónica corresponde principalmente al clima tropical, que a su vez, se clasifica en tropical ecuatorial, tropical monzónico y tropical de sabana. Hay unas pequeñas porciones del territorio amazónico con otros tipos de clima, sobre todo en una delgada franja al occidente, que corresponde a la vertiente oriental de los Andes.

El clima ecuatorial tropical de la Región Amazónica se encuentra en el oeste, centro y norte de la Región, y abarca en su gran mayoría, los territorios amazónicos de Colombia, Ecuador, Guyana, Surinam y el sur de Venezuela. En Brasil, se localiza hacia el lado noroeste y se desarrolla desde los 50 hasta los 1.200 msnm. Una pequeña parte de este tipo de clima se localiza en la región de la desembocadura del río Tocantins, en las mesorregiones de Marajó, al noreste Paraense, en la región metropolitana de Belem y en la isla Marajó.

El clima tropical monzónico se encuentra desde los 250 msnm en la cabecera de las cuencas de los ríos Orthon, Madre de Dios y Beni en la ecorregión de las sabanas inundables de Bolivia; se extiende hasta la cuenca media del río Ucayali en Perú, en los ríos Tapajós y Xingú (lado sur del río Amazonas), continuando su extensión hacia el noreste, donde cubre los ríos Jari, Parú y Trombetas en Brasil (todos ellos, afluentes del Amazonas), hasta su desembocadura a los 0 msnm.

El clima tropical de sabana se distribuye hacia el lado sur de la Región Amazónica a partir de los 150 msnm, en la región media; con una importante presencia en los llanos bolivianos y brasileños, los cuales poseen características inundables, ubicados a una altura aproximada de 200 metros. Se encuentra distribuido a una altura máxima de 2.000 metros en la cordillera oriental de los Andes.

Los 14 climas identificados se visibilizan en el **MAPA 11. CLASIFICACIÓN CLIMÁTICA DE KÖPPEN PARA LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

2.1.3.7. La Variabilidad Climática en la Región Amazónica.

Los patrones climáticos de la Región Amazónica están sometidos a oscilaciones de diverso período, desde la escala intraestacional o intermensual hasta la interanual e interdecadal (Liebman y Marengo, 2001; Labat et al., 2004; Espinoza et al., 2009; Marengo, 2004, 2009). Las diferentes fases de estas oscilaciones provocan

variaciones (aumento/disminución) de la frecuencia de los diferentes fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos observados en la Región.

La variabilidad intraestacional activa/desactiva la convección, es decir la transferencia de calor a zonas con diferentes temperaturas, sobre la Región en ciclos de 30 a 60 días asociados a los efectos de las ondas Madden–Julian (Souza y Ambrizzi, 2006). Bajo las fases extremas de esta variabilidad, aumenta/disminuye la frecuencia de fenómenos meteorológicos extremos asociados a procesos convectivos (lluvias intensas, tormentas).

El estudio de la variabilidad climática interanual de la Región Amazónica ha sido ampliamente abordado (véase la síntesis y el análisis de Marengo et al., 2001). En la precipitación y caudales de la Región Amazónica se han identificado ciclos cercanos de 2–3 y de 4–7 años (Labat et al., 2004). El primero está asociado a una oscilación cuasibienal en las variables hidroclimáticas de la Región Amazónica que, aunque con poca amplitud, es persistente. El segundo estudio, de 4–7 años, se asocia principalmente con El Niño–Oscilación del Sur (ENOS), dado que se ha evidenciado una estrecha conexión entre los procesos del Pacífico central y centro–oriental (sectores El Niño 3 y 3.4) y la variabilidad climática interanual de la Región Amazónica, pero la hidroclimatología amazónica también es influenciada por la variabilidad interanual del Atlántico (Marengo et al., 2011a).

Durante el siglo XX y comienzos del XXI se presentaron diferentes sequías. La ocurrencia de los fenómenos de El Niño y de La Niña más recientes se dio en la segunda mitad del siglo XX. Es posible constatar que las sequías de 2005 y de 2010 no estuvieron relacionadas con eventos de El Niño, sino con anomalías positivas de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) del Atlántico norte (Valverde y Marengo, 2011).

Un análisis de los eventos hidroclimáticos extremos (sequías y períodos anormalmente lluviosos que propician inundaciones de largo plazo) corroboró la influencia de la variabilidad de la Temperatura de la Superficie del Mar (TSM) del Pacífico central y del Atlántico norte en el comportamiento de la precipitación y de los niveles de los ríos amazónicos.

También es necesario tomar en cuenta que el gradiente o cambio de temperatura entre el subtrópico–trópico del Atlántico sur incide en la generación de fases extremas de la variabilidad climática de un sector de la Región Amazónica, lo que se explica en el caso concreto de las inundaciones de 2014, en el sector de Pando y Beni en Bolivia y sur de la Amazonía peruana (Espinoza et al., 2014).

Igualmente, se han identificado ciclos de la variabilidad climática interdecadal, que en la Región Amazónica están gobernados tanto por los procesos oscilatorios del Pacífico (el ciclo de la Oscilación Decadal del Pacífico–PDO), como por el gradiente meridional de presión atmosférica entre el trópico y el subtrópico sobre Sudamérica y por el gradiente meridional o variación de temperatura de este a oeste, de la superficie del mar del Atlántico tropical. (Marengo J. A., 2009).

2.1.3.8. El Cambio Climático en la Región Amazónica.

A través de diversas aproximaciones de la paleoclimatología (estudio de las características climáticas de la Tierra a lo largo de su historia) se han identificado las condiciones climáticas de la Región Amazónica en el pasado remoto (miles de años). En términos generales, se ha podido establecer que bajo los pleniglaciales (edad geológica de los estratos rocosos en relación con el tiempo), la temperatura media anual en la Región, pudo haber estado en 4,5° por debajo de los promedios anuales actuales y que la precipitación se redujo; lo contrario, pudo haber ocurrido en los interglaciales o calentamientos (como el período actual), durante los cuales la temperatura y la precipitación tuvieron aumentos notorios.

Durante el Último Mínimo Glacial, hace 20.000-21.000 años aproximadamente, la precipitación estuvo por debajo de los volúmenes que se registran en la actualidad, lo que produjo una sustitución de la selva por vegetación de sabana y *Cerrado* (ecorregión de sabana tropical en Brasil), mientras que la sabana fue reemplazada por condiciones secas o dunas semidesérticas (Van der Hammen y Hooghiemstra, 2000).

No obstante, Colinvaux et al. (2000) argumentan que los ciclos de cambios climáticos no han generado una modificación drástica de las condiciones de la Región Amazónica y que no se han presentado condiciones de aridez, sino que los cambios climáticos se han expresado en aumento o disminución del área de los biomas localizados en la Región.

Frente a los anteriores planteamientos, es clara la evidencia de cambios climáticos en el pasado sobre la Región Amazónica y su influencia en la dinámica de largo plazo del bioma. Las tendencias de largo plazo que ocurrieron en el pasado reciente (siglo XX) en la temperatura del aire y en la precipitación han sido analizadas por diversos autores.

Marengo (2009) analizó datos de precipitación y de los niveles de los ríos amazónicos con series de datos que cubren gran parte del siglo XX y no detectó tendencias de largo plazo unidireccionales, sino más bien ciclos multidecadales (de varias décadas). Valverde y Marengo (2011) analizaron el número de

días secos consecutivos e identificaron una tendencia a la reducción del número de días secos en un año, en las estaciones meteorológicas ubicadas al oeste de la Región, mientras que al suroeste se observó un incremento de esta tendencia, es decir un aumento de días secos durante un año, lo que atribuyen a un mayor efecto de las sequías del 2005 y del 2010 en este sector. También analizaron el número de días muy lluviosos (cuya precipitación excede el percentil 95) y encontraron una disminución en el sector sureste.

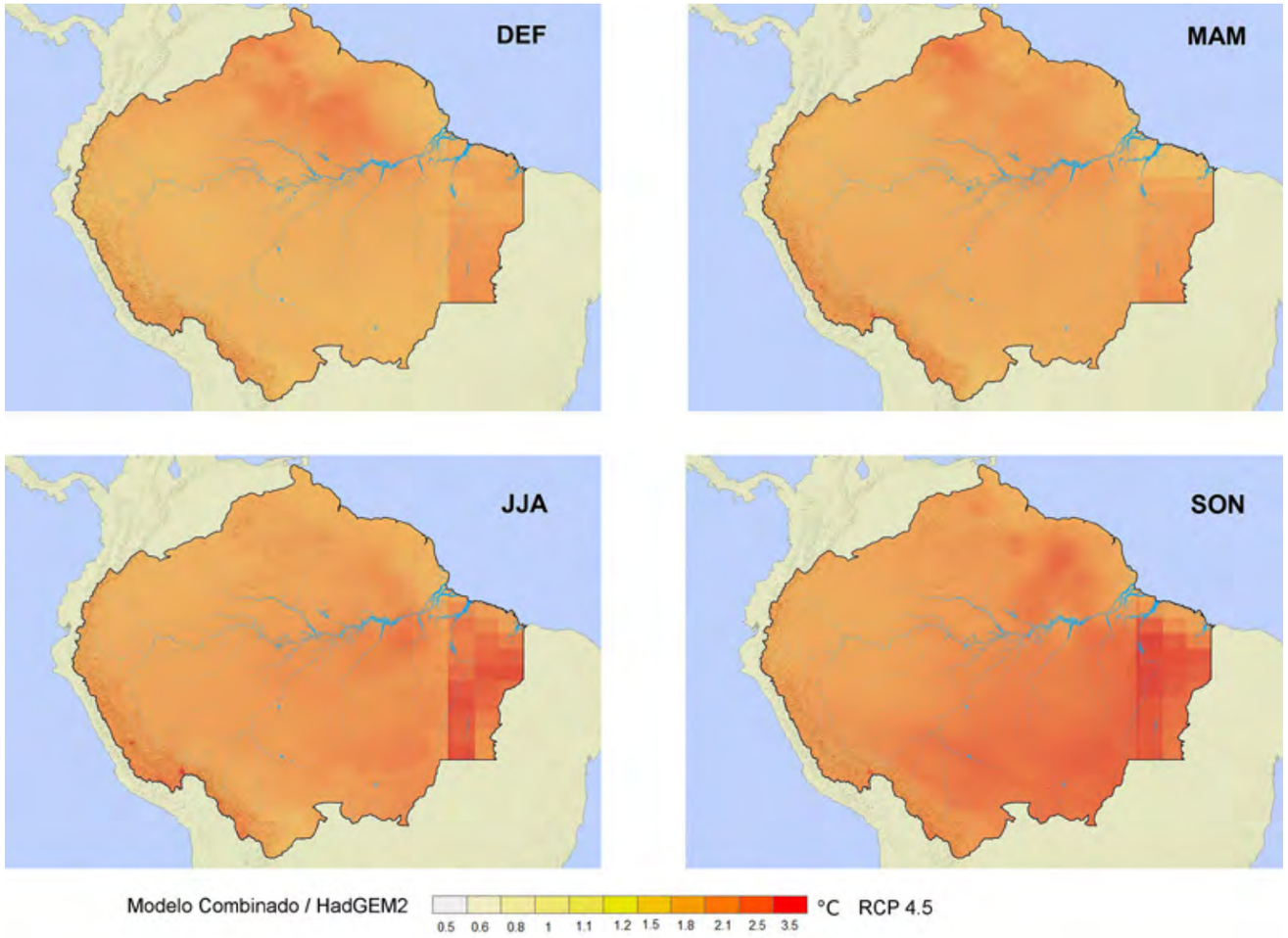
Skansi et al. (2013) usando series de datos diarios de temperatura del aire y precipitación del período 1950–2010, identificaron para la Región Amazónica señales de un aumento en la temperatura, tanto en las series de las máximas como de las mínimas, y detectaron además, que el número de días con temperaturas superiores a 25°C ha venido aumentando a un ritmo de hasta 6 días/decenio. De igual manera, encontraron una disminución en el número de noches frías.

En cuanto a la precipitación, Skansi et al. (2013) identificaron una tendencia generalizada al aumento en la Región Amazónica, que en términos de precipitación anual, resulta ser del orden de 50–75 milímetros por decenio. En síntesis, según los análisis de diversos estudios, el clima en la Región Amazónica se está haciendo más cálido y en general, un poco más húmedo, a excepción de algunos puntos, en los que está ocurriendo una ligera tendencia a menos precipitación.

Las condiciones climáticas posibles en la Región Amazónica durante el siglo XXI han sido planteadas mediante la elaboración de escenarios por diversos autores. Nobre et al. (2009) utilizando tres modelos regionales en resolución espacial de 50x50 km, con los escenarios A2 (Altas emisiones) y B2 (Bajas emisiones) sumado a los resultados de Ambrizzi (2007), estiman que hacia finales del siglo XXI, el clima de la Región Amazónica sería más cálido (hasta en 4–6°C en el escenario A2) y más seco que lo observado en el período 1961–1990. (Ambrizzi, 2007).

El IPCC (2013) presenta escenarios más recientes en su Quinto Informe de Evaluación del Cambio Climático, basado en 42 modelos del Programa CMIP5 (Quinta Fase del Proyecto de Comparación de Modelos Acoplados) y en las Trayectorias de Concentración Representativas o *Representative Concentration Pathway* (RCP, sigla en inglés). Según el *Atlas of Global and Regional Projections* del IPCC, (2013), bajo el RCP 2.6 (bajas emisiones), hacia el 2100 la temperatura se habrá incrementado en 1,5–2,0°C en comparación con los promedios observados en el período 1986–2005.

FIGURA 17.
Cambios de la temperatura media estacional del aire hacia finales del siglo XXI, bajo el escenario RCP 4.5 sobre la Región Amazónica, según el ensamble de los modelos BCC–CM1, GFDL, HadGEM2 y ECHAM6–LR (el sector oriental que se ve pixelado solo es cubierto con HadGEM2)

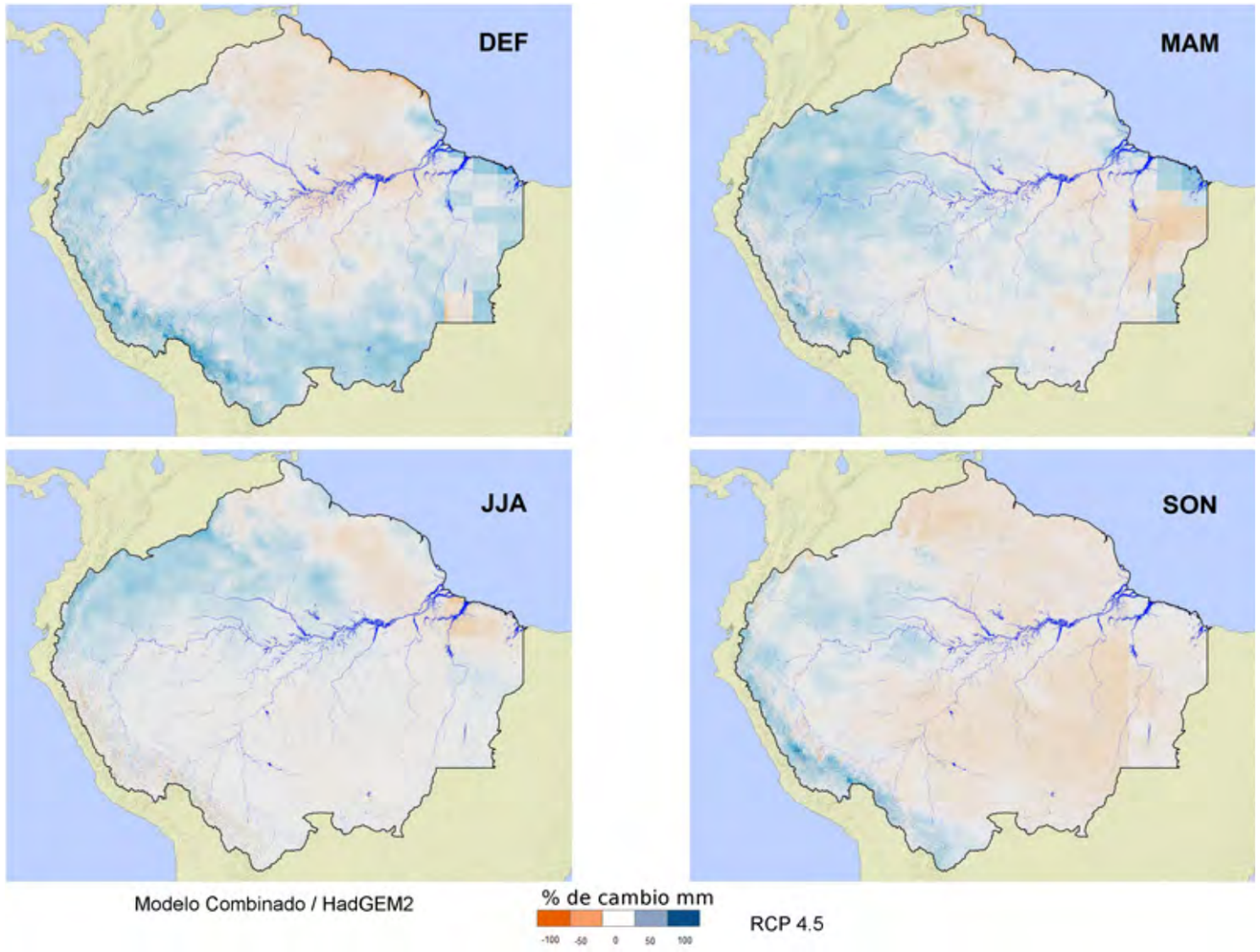


ELABORACIÓN: Servicios Climáticos-CIIFEN. Nota: DEF (Diciembre, Enero, Febrero), MAM (Marzo, Abril, Mayo), JJA (Junio, Julio, Agosto), SON (Septiembre, Octubre, Noviembre).
FUENTE: Cabos (2014).

Entretanto, el cambio de la precipitación anual estaría entre el –10% (disminución) y el 10% (aumento) de los volúmenes observados en el mismo período de referencia. En el marco del escenario RCP 8.5 (altas emisiones), la temperatura iría paulatinamente aumentando hasta tener en el período 2081–2100 entre 4–6°C por encima de la observada en 1986–2005, y la precipitación, al igual que en el escenario descrito, tendría un rango de cambio entre –10 y 10%.

En el CIIFEN se generaron escenarios de cambio climático para la Región Amazónica basados en el ensamblaje de cuatro modelos del CMIP5: BCC–CSM1, GFDL, HadGEM2 y ECHAM6–LR (versión de modelos climáticos acoplados del CMIP5 aplicables para la Región Amazónica), publicados por el IPCC (2013) para la condición intermedia del escenario RCP 4.5 (emisiones intermedias). Los resultados de este ensamblaje se muestran en las **FIGURAS 17 Y 18**.

FIGURA 18.
Cambios de la precipitación estacional hacia finales del siglo XXI bajo el RCP 4.5 sobre la Región Amazónica, según ensamble de los modelos BCC–CSM1, GFDL, HadGEM2 y ECHAM6–LR



ELABORACIÓN: Servicios Climáticos-CIIFEN. **FUENTE:** Cabos (2014).

La **FIGURA 18** muestra los cambios que habría en la temperatura media estacional hacia finales del siglo XXI en comparación con lo observado en el período 1976–2005. El mayor calentamiento, entre 3–4°C, ocurrirá en septiembre–octubre–noviembre (SON) y sería más marcado en el sur y el oriente. Durante diciembre, enero y febrero (DEF) y marzo, abril y mayo (MAM), el mayor calentamiento se localizaría en un sector al norte de la Región.

Según los modelos ensamblados con el escenario RCP 4.5 (emisiones intermedias), los cambios de la precipitación estacional van del rango: ligero cambio (aumento o disminución) a aumentos de un poco más del 25% de los volúmenes de referencia (período 1976–2005).

En DEF y en MAM, el aumento de la precipitación es generalizado en toda la cuenca, siendo mayor en el sector occidental, especialmente sobre la vertiente de los Andes en Bolivia y Perú. La estación de junio, julio y agosto (JJA) sería igualmente más húmeda que en la actualidad, pero con mayores incrementos en la Amazonía ecuatoriana, colombiana y venezolana. En SON, la precipitación estaría muy cerca de lo que es en la actualidad, solo con algunos sectores con aumentos notorios en la vertiente de los Andes **(VER FIGURA 18)**.

Los cambios del clima en la Región Amazónica previstos en diferentes escenarios para el siglo XXI son de tal magnitud, que no afectarían considerablemente los patrones de distribución espacio–temporal de los fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos. En el caso de los primeros, el número de tormentas y eventos extremos asociados podría incrementarse ligeramente en el sector de los Andes. En el caso de los segundos, tal vez las sequías serán menos frecuentes y podría presentarse un ligero aumento de las inundaciones. No obstante, se requieren mayores estudios con el fin de reducir las incertidumbres al respecto.

2.1.4. La Vegetación, los Ecosistemas y Biomas de la Región Amazónica

El bosque tropical amazónico constituye una reserva con funciones ecológicas para el planeta entero, gracias a su gran extensión y su diversidad biológica. Su importancia radica en la capacidad de absorber grandes cantidades de gas carbónico (CO_2) de la atmósfera y convertirlo en oxígeno (02) (WWF, 2014).

En el bosque tropical existen distintas clases de bosque húmedo, clasificados según su fisonomía, formación vegetal (clima y factor biótico) y tipo de vegetación (topografía/piso florístico), (Sierra, 1999). El bosque tropical cubre aproximadamente el 67,4%, mientras que las sabanas tropicales constituyen cerca del 13,3%. En minoría, por debajo del 4%, se encuentran los matorrales, los bosques inundables, los herbazales, los cultivos y los bosques piemontanos, entre otros; también dentro de esta área, se encuentra la utilizada para las actividades ganaderas **(TABLA 19)**.

En la **TABLA 19** y en el **MAPA 12. TIPO DE VEGETACIÓN DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**, se observa que la Región Amazónica está cubierta en su mayor porcentaje, por vegetación de bosque tropical, la cual parte desde las estribaciones de la cordillera de los Andes orientales en la zona intertropical o piso térmico subtropical en Ecuador y Perú, a 1.800 msnm aproximadamente; sigue por la zona norte y centro de la región brasileña, por los llanos y planicies tropicales; a continuación, cubre amplias áreas en los territorios amazónicos de Bolivia, Colombia, Ecuador y presenta la mayor extensión en Perú; hasta que finalmente se expande hacia el noreste de la ecorregión del *Cerrado* en Brasil, para llegar a la desembocadura del río Amazonas en el océano Atlántico.

El bioma bosque tropical posee el 50% de la biodiversidad existente en el planeta (Orians, 1993). La Región Amazónica cuenta con cerca del 80.25% de las ecorregiones asociadas a bosques húmedos tropicales, lo cual representa aproximadamente 6,3 millones de km^2 del total de la Región, considerada Bioma Amazónico, lo que abarca más del 95% de la porción amazónica que poseen los Países Miembros de la OTCA, con excepción de Brasil, al que le corresponde entre el 80 y el 85% de los bosques húmedos tropicales y cerca del 13.3% de los biomas de praderas y sabanas.

Las principales ecorregiones de la Región Amazónica son los bosques húmedos tropicales y las sabanas tropicales y subtropicales. La mayor diversidad de ecosistemas y de especies se distribuye en las ecorregiones terrestres del arco occidental de la Región Amazónica (Olson y Dinerstein, 2002), donde se localizan los bosques tropicales principalmente.

Los biomas de praderas, sabanas, matorrales tropicales y subtropicales abarcan cerca del 13,3% de la Región Amazónica y se ubican en el noreste en los macizos guayanés y brasileño al sur. Estos biomas poseen una superficie de cerca de 1’128.000 km^2 y se localizan en parte, en los llanos bolivianos, sector del Gran Chaco (zona norte), y en el territorio al este del escudo guayanés. La mayor proporción de estos biomas se extiende hacia el suroeste del estado de Mato Grosso, sur de Maranhão, y abarca cerca del 75% del estado de Tocantins en Brasil, tal como lo muestra el **MAPA 13. ECORREGIONES DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

La biodiversidad de la Región Amazónica está representada por el gran número de ecosistemas, comunidades y especies que alberga, posicionándola en el primer lugar en el mundo, en diversidad biológica.

TABLA 19.
Clasificación de la vegetación de la Región Amazónica

Vegetación por clase	Porcentaje
Bosque siempreverde de tierras bajas	40,55
Bosque húmedo siempreverde de tierras bajas (selva tropical)	26,82
Sabana	12,83
Bosque siempreverde inundable de tierras bajas	3,90
Matorral húmedo montano	3,18
Agrícola	2,37
Herbazal lacustre de tierras bajas	2,12
Bosque siempreverde montano bajo	1,98
Vegetación en transición	1,61
Bosque semideciduo montano	0,80
Bosque deciduo de tierras bajas	0,97
Bosque siempreverde montano alto	0,47
Bosque siempreverde pie montano	0,34
Cuerpos de agua	0,19
Matorral húmedo de tierras bajas	0,18
Matorral seco montano	0,09
Áreas sin vegetación	0,02
Nevados y Nubes	0,02
Urbano	0,01

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos focales de la OTCA y Banco de datos del CIIFEN[15]

Se estima que solo la Amazonía brasileña, que representa cerca del 70% de la Región Amazónica, contiene más de 2.000 tipos de peces (más de 3.000 especies de peces para la Región en su conjunto), 550 especies de reptiles (62% endémicas), más de 950 especies de aves y 350 mamíferos (incluyendo 57 de primates) (Goulding, 1980).

2.1.5. La Red Hidrográfica

El río Amazonas nace en la quebrada Apacheta, en Arequipa, Perú, a 5.597 msnm aproximadamente, en las faldas del volcán Quehuisha, siendo esta corriente de agua, un tributario de primer orden, según el informe científico de la expedición *Amazon Source* realizada en 1996 (Novoa, 1997; Jansky et al., 2008).

En su trayecto, la red va tomando mayor complejidad gracias al aporte de un número significativo de ríos tributarios hasta formar el río Apurímac, para convertirse a partir de aproximadamente los 210 msnm en el río Ucayali, el cual al unirse con el río Marañón y

15. Compilación realizada a partir de los Puntos focales de la OTCA: Brasil, Ecuador, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

el río Napo en Perú, inicia el recorrido de lo que se denomina el río Amazonas. Este recibe importantes aportes fluviales de los ríos Putumayo, Japurá y Negro, que fluyen desde el lado norte de la Región, y de los ríos Juruá, Purús, Madeira, Tapajós y Xingú del lado sur. Desemboca en el océano Atlántico con un caudal aproximado de 220.000 m^3 /s hasta 300.000 m^3/s en época lluviosa. El Amazonas es el río más caudaloso y largo del planeta, como se aprecia en el **MAPA 14. RED HÍDRICA PRINCIPAL DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Según la definición de Unidades hidrográficas de Pfafstetter, la Región Amazónica posee un total de 637 unidades hidrográficas de nivel 4, siendo la de mayor extensión la región del río Solimões, que cuenta con 527.750.07 km^2 de superficie. Nace en la cordillera de los Andes y drena hacia los ríos Jatunyacu y Aguarico en la Amazonía ecuatoriana, entre las áreas protegidas de Yasuní y Cuyabeno. Ver el **MAPA 15. UNIDADES HIDROGRÁFICAS NIVEL 4 DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Las cuencas tributarias más grandes del río Amazonas nacen en la cordillera de los Andes, mientras que otras menores tienen su origen en las mesetas de los escudos guayanés y brasileño; tal es el caso del río Negro, uno de los aportantes más caudalosos del Amazonas, el cual discurre entre Colombia (cordillera andina) y Venezuela (mesetas guayanesas). Otro río igualmente importante, no solo por sus aportes fluviales hacia el Amazonas, sino también por albergar la mayor cantidad de asentamientos humanos o localidades en sus riberas, es el río Juruá, el cual nace a 400 msnm en Perú, entre las provincias de Atalaya y Esperanza, en el departamento de Ucayali. En su trayecto, el Juruá baña los estados de Acre y Amazonas en Brasil (**VER MAPA 15**). La principal ciudad asentada en sus riberas es Cruzeiro do Sul, con 78.507 habitantes según el Censo de población de Brasil de 2010.

2.2. El Componente Social y Económico

La Región Amazónica alberga poblaciones que conservan condiciones de vida adaptadas a las comodidades propias del área natural que los rodea, con una vasta diversidad de culturas, lenguajes, dialectos y costumbres ancestrales. Entre las poblaciones indígenas amazónicas existen algunas, cuyas culturas permiten mantener contacto directo con sus comunidades urbanas y rurales, pero también se encuentran aquellas que aún se mantienen en estado de aislamiento voluntario.

2.2.1. La Población

La historia relata la aparición de los primeros habitantes de la Región Amazónica junto con la llegada del ser humano a América desde Asia, quienes se asentaron en las partes bajas de la Región, donde ocurrieron importantes procesos de ocupación del territorio a través del tiempo. La última ocurrió entre los años 1500 y 1840 hecha por los europeos (portugueses y españoles), quienes procedieron a la colonización de los territorios.

De esa forma, entre 1840 a 1945, se han identificado dos etapas relacionadas con la extracción y explotación de los recursos minerales y forestales con la revolución del caucho (BID et al., 1992).

En 2012, se estimó que la población de la Región Amazónica (considerado todo el territorio del llamado Bioma Amazónico) era superior a los 48,5 millones de habitantes, número aproximado, debido a la falta de homogeneidad en los datos censales de los países amazónicos.

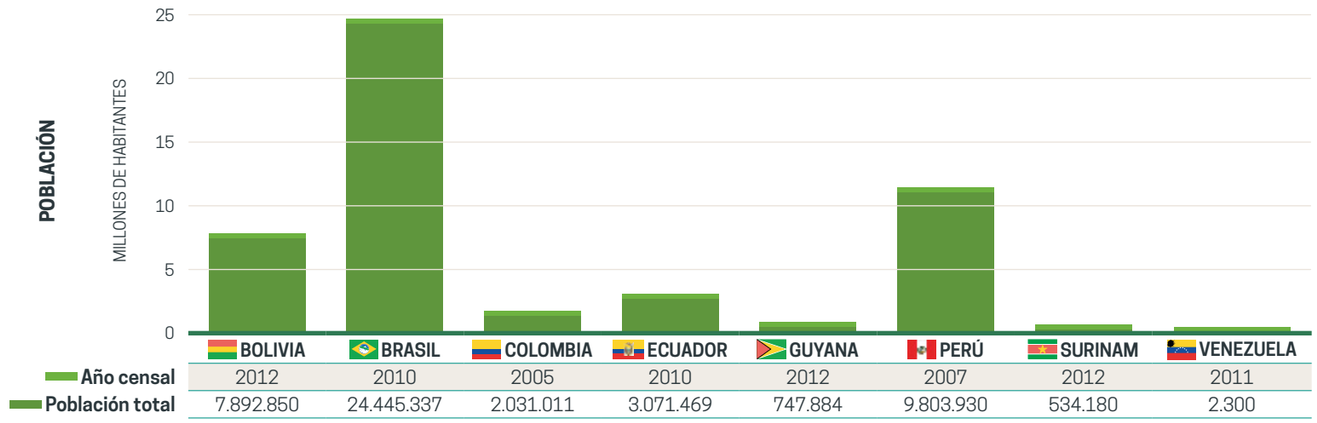
La **FIGURA 19** muestra la distribución de la población amazónica según los censos demográficos de cada país.

La distribución demográfica no es homogénea, presentándose una mayor concentración en las regiones de la llanura atlántica y en la parte andina de la Región Amazónica, como se registra en el **MAPA 16. DENSIDAD POBLACIONAL EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

La población de la cuenca Amazónica (territorio que abarca exclusivamente la cuenca hidrográfica) presenta características socioculturales diversas; fue estimada en 33.485.900 habitantes en el año 2007, lo que representa el 11% de la población total de los Países Miembros de la OTCA (PNUD, 2008).

FIGURA 19.

Población amazónica de los Países Miembros de la OTCA



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN. **FUENTE:** Institutos de estadística y censos de cada país[16]

16. Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Surinam: Algemeen Bureau voor de

Brasil concentra más del 50% de la población total amazónica, seguido por Perú, con el 20%. La población amazónica creció a una tasa promedio anual de un 1.6% en el período 1990–2012, siendo la Amazonía venezolana, representada por el municipio de Río Negro, donde se registró la mayor tasa de crecimiento poblacional con un 6%, seguido de la Amazonía ecuatoriana, que en promedio registró un 2.16% de incremento de población anual.

La distribución geográfica de la población es bastante diversa: existen núcleos urbanos con más de 1,8 millones de habitantes, municipios de hasta 500.000 habitantes, núcleos rurales dispersos, comunidades, asentamientos indígenas e indígenas nómadas.

En 2011, la diversidad cultural amazónica se expresa en 400 pueblos indígenas, que hablan más de 300 idiomas (con sus inúmeras variantes dialectales), además de los pueblos aislados o en primer contacto. Estos pueblos tienen una dinámica demográfica propia, con niveles y perfiles de fecundidad y mortalidad, y patrones de asentamientos humanos diversos; transitan entre las fronteras, se desplazan sobre la base de patrones sociales y no sobre patrones geográficos. (SITEAL, 2011). Los cambios socioeconómicos y ambientales ocurridos han afectado severamente a la población amazónica indígena, obligándola a cambiar sus modos de vida y reduciendo su número. (PAE, 2018). Por eso, se creó el **MAPA 17. TERRITORIOS INDÍGENAS DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Los principales centros urbanos ubicados en la Región Amazónica son: Manaos (1.802.014 habitantes [Brasil: IBGE ,2010]) y Belem (1.393.399 habitantes [Brasil: IBGE 2010]) en Brasil; Murillo (1.669.807 habitantes [INE, 2012]) y Andres Ibañez (1.654.311 habitantes [INE, 2012]) en Bolivia; y Maynas - Iquitos en el Perú (492.992 habitantes [Perú: INEI, 2014]).

Statistiek in Suriname, Censo de población y vivienda 2012; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

En el caso de la República Bolivariana de Venezuela, se tomaron en consideración datos referentes al Brazo Casiquiare y Río Negro que corresponden a la Región Amazónica Venezolana.

2.2.1.1. El Cambio Poblacional.

El cambio en la población refleja el flujo migratorio existente. El mayor crecimiento se registra en la población urbana de la Región Amazónica, mientras que en las áreas rurales está disminuyendo en relación al crecimiento total de la población. Las excepciones son Ecuador y Guyana, donde las actividades económicas están orientadas a la explotación agrícola.

La distribución de dichos procesos de cambio en la población anidada en la Región, se observa en el **MAPA 18. CRECIMIENTO POBLACIONAL EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, mostrando el aumento del número de habitantes por año.

Entre las ciudades con mayor incremento poblacional se encuentran Araguana, Pedra Branca do Amapari y São Feliz do Xingu en Brasil; Barranco Minas en Colombia, Federico Román en Bolivia; aumento provocado principalmente por la alta migración de la población rural hacia los centros poblados.

2.2.1.2. Índice de Dependencia por Edad.

El índice de dependencia por edad (en porcentaje) representa la población económicamente dependiente: niños y jóvenes de 0–14 años y adultos mayores de 65 años, en relación a la población entre 15 y 64 años, que es considerada no dependiente (Saad et al., 2008). La clasificación realizada se encuentra en el **MAPA 19. ÍNDICE DE DEPENDENCIA POR EDAD EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

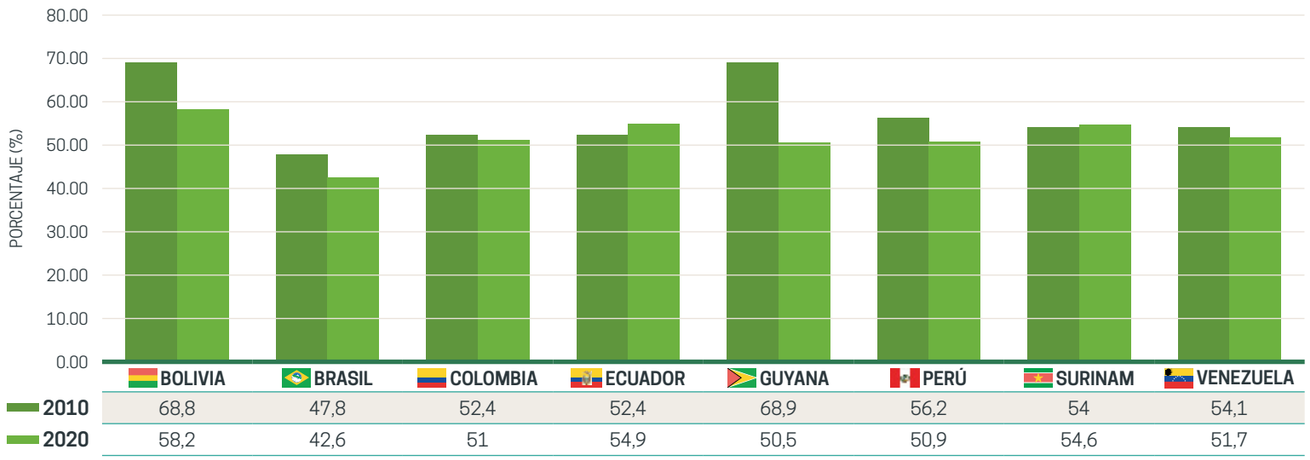
La Región Amazónica posee entre un 25% de población dependiente en Puerto Alegría, Colombia, y un 104,6% en Sipaliwini, Surinam. Asimismo, la que se encuentra concentrada en la zona sureste de la Amazonía de Brasil, con sectores dispersos en el sureste de Colombia, y en el norte y sur de Perú, alcanza un índice superior al 65% **(VER MAPA 19)**.

De manera general, en la Amazonía ecuatoriana, colombiana, peruana, venezolana, occidente de la Amazonía brasileña y norte de Roraima, el índice de dependencia por edad se encuentra entre el 37 y el 65%, asociado a las zonas de riberas de ríos o afluentes principales del Amazonas o hidrovías, principalmente en las áreas pobladas circundantes a los ríos Morona, Marañón, Ucayali, Javarí y Tigre, y en el delta del Amazonas.

FIGURA 20.

Porcentaje de población dependiente en 2010 y proyección al 2020

PROBLACIÓN EN RELACIÓN DE DEPENDENCIA DE LOS PAÍSES MIEMBROS DE LA OTCA Y SU PROYECCIÓN AL 2020



	BOLIVIA	BRASIL	COLOMBIA	ECUADOR	GUYANA	PERÚ	SURINAM	VENEZUELA
2010	68,8	47,8	52,4	52,4	68,9	56,2	54	54,1
2020	58,2	42,6	51	54,9	50,5	50,9	54,6	51,7

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.

FUENTE: Anuario estadístico (CEPAL, 2013a).

Las proyecciones del porcentaje de población en estado de dependencia para el 2020, para los Países Miembros de la OTCA, elaboradas por la CEPAL, muestran una disminución en la tendencia de cambio, principalmente para Brasil y Guyana, los cuales muestran un probable descenso superior al 10% de la población dependiente para el 2020. Ecuador, por su parte, muestra un ligero incremento del 2,5% del total de la población dependiente, tal como lo muestra la Figura 20 (CEPAL, 2013b).

De manera general, para la Región estos porcentajes se ven asociados a la presencia de la población joven o de aquellos que se encuentran entre los 0 y 14 años de edad en cada país, siendo Guyana y Surinam los países con mayor porcentaje de población dependiente asociada a esta problemática.

2.2.1.3. Índice de Analfabetismo.

El índice de analfabetismo es el porcentaje de personas mayores de 15 años, que durante las encuestas censales nacionales declaran no saber leer ni escribir en el idioma oficial.

Para efectos de este estudio, dichos datos se encuentran asignados a cada una de las divisiones político–administrativas de la Región Amazónica. Los valores muestran la tasa de población sin educación formal en idioma español, portugués, inglés y neerlandés, según el país. En el caso de las poblaciones indígenas, estas poseen su propia lengua, sus propios conocimientos y culturas ancestrales, lo que les ha permitido la socialización dentro dichos grupos humanos (CEPAL, CELADE, 2014).

En la Región Amazónica, en 2010 se observan porcentajes de personas sin alfabetización desde el 0% en ciudades de pocos habitantes de Brasil, hasta un 66,6% en diferentes sectores de la Amazonía peruana, norte–oeste de Brasil, tal como se muestra en el **MAPA 20. TASA DE ANALFABETISMO EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Los porcentajes relacionados con el analfabetismo en la Región y por país, son los siguientes: Bolivia de un 4 a un 22%; Brasil de 0 a un 49,5%; Colombia de un 8 a un 35%; Ecuador de un 4 a un 23%; Perú de un 4 a un 67% y Venezuela de un 17 a un 22%, aproximadamente.

La educación para las poblaciones indígenas forma parte de los medios de desarrollo social, lo cual permite que sean incluidos e integrados en la sociedad, ya que garantiza el goce de los derechos humanos y colectivos (Naciones Unidas, 2005; CEPAL CELADE, 2014).

2.2.1.4. La Pobreza en la Región Amazónica.

La pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) es una medida de pobreza multidimensional desarrollada en los años 80 por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). El método abarca cinco dimensiones y dentro de cada dimensión existen indicadores que miden privaciones. (Tomado del sitio web INEC, 2020).

Se considera pobre a aquella persona con carencias en al menos dos de los indicadores de las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)[17] observados para su estimación empírica (CEPAL, 2013b), (PAE, 2018).

El analfabetismo, la desnutrición crónica y el limitado acceso a los alimentos en la Región Amazónica son factores que pesan en la evaluación de la pobreza. Sin embargo, es necesario considerar que, si bien es cierto que existen países con una deficiencia marcada en la disponibilidad de acceso a los servicios básicos, como es el caso de las poblaciones indígenas, estos pueblos poseen niveles elevados de alfabetismo y acceso a medios de vida para su sustento acorde con su desarrollo cultural (BID, PNUD, TCA, 1992), mientras que otros, con menores limitaciones en el acceso a los servicios básicos, presentan serios problemas de analfabetismo y desnutrición en la población. (CEPAL, 2010).

17. NBI: Es un método directo para identificar carencias críticas y poder caracterizar la pobreza en una población. Utiliza indicadores relacionados con las necesidades básicas de las personas (vivienda, servicios sanitarios, educación básica e ingreso mínimo), que se encuentran disponibles en los censos de población y vivienda de los países. www.cepal.org/deype/mecovi/docs/taller5/10.pdf

El **MAPA 21. POBREZA POR NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS (NBI) EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, muestra la distribución espacial del porcentaje de pobreza calculado según las NBI, expresadas em puntos porcentuales. El mapa incorpora información de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Venezuela, actualizada según su último registro censal.

Algunos sectores dispersos de la Amazonía colombiana registran el 100% de las necesidades básicas insatisfechas de la población, así: en Solano, departamento del Caquetá; en Piamonte, Cauca; en El Retorno, Guaviare; en La Macarena, Mesetas, en Puerto Concordia y Puerto Rico, departamento del Meta; en Puerto Guzmán, Putumayo y en Carurú, Vaupés.

Los territorios amazónicos bolivianos, ecuatorianos y guyaneses, poseen un alto porcentaje de necesidades básicas insatisfechas (68,21% y 100%). En el caso de Brasil y Perú, la distribución se encuentra asociada a las zonas de ribera de los principales ríos o afluentes del Amazonas, específicamente en las áreas pobladas circundantes a los ríos Morona, Marañón, Ucayali, Javarí, Tigre y Mazaruni.

2.2.2. Actividades Económicas

Las actividades económicas en la Región Amazónica están orientadas a la extracción de recursos naturales (materia prima), sean estos minerales, forestales, también al comercio, a actividades agropecuarias en ciertos sectores y al turismo, a menor escala.

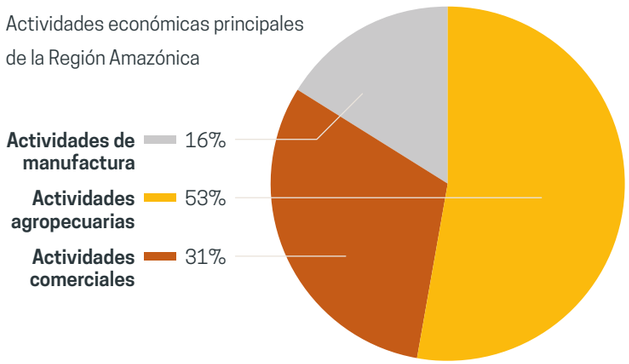
La agricultura se caracteriza por tener una baja demanda, debido a la baja productividad de los suelos para el desarrollo de estas actividades (BID, PNUD, TCA, 1992). Así, “cuanto más se expande la agricultura, menos productiva se vuelve” (CEPAL, 2013). Esto, debido a los cambios del uso del suelo y del clima en la Región (J. C. Oliveira, Costa, Soares-Filho, & Coe, 2013).

La base de la explotación de los recursos de la Región se inició desde la época del caucho hasta 1914. De ahí en adelante, las actividades extractivas cayeron considerablemente (después de la Segunda Guerra Mundial), lo que cambió el uso del territorio por la explotación de los recursos forestales, agrícolas y pecuarios. Durante este proceso, el desarrollo de la población aumentó considerablemente a la actualidad, con la construcción de obras de infraestructura (para la generación de electricidad) y vías de

comunicación, como es el caso de las obras hidroeléctricas y de la red vial, recursos claves para el desarrollo de las comunicaciones y para la extracción de recursos minerales y del petróleo (Salati et al., 1990).

La **FIGURA 21** muestra las actividades económicas principales de la Región Amazónica. En las actividades agropecuarias que incluyen la silvicultura, la pesca y la caza, se ocupan aproximadamente 6'229.800 de personas, según los datos censales entre 2005 y 2012. En segundo lugar, se encuentran las actividades afines al comercio y en el tercero, la manufactura y la construcción.

FIGURA 21.
Actividades económicas principales de la Región Amazónica



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA y de los bancos de datos de los Institutos de Estadística y Censos de cada país[18]

2.2.2.1. La Actividad Agropecuaria.

Alrededor del 25.58% de la superficie amazónica tiene uso agropecuario, situándose el mayor porcentaje sobre las zonas de praderas y sabanas tropicales en el sector sur de la Región de la Amazonia brasileña, mientras otra porción se encuentra asentado en zonas de montañas o zonas altas situadas en el altiplano boliviano y en los Andes orientales de Ecuador, Colombia y Perú. En el caso de Colombia, la mayor extensión de áreas agrícolas se encuentra en los departamentos de Caquetá, Meta, Putumayo y Guaviare, mientras que en Perú, la mayor extensión se encuentra en la provincia de Maynas–Iquitos, tal como se muestra en el **MAPA 22. ÁREAS AGROPECUARIAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Los cultivos en la Región, en su mayoría plantaciones de una sola especie o monocultivos, constituyen una de las principales causas de la deforestación, es decir, se evidencia el cambio de uso del suelo y la pérdida de importantes áreas boscosas en la Región Amazónica. Otra de las causas que fomenta el desarrollo de la agricultura es la construcción de carreteras y el desarrollo de hidrovías. (Houghton, 2005), (PAE, 2018).

En Brasil, el 23% del territorio de la Amazonía brasileña corresponde a los establecimientos agropecuarios (115,5 millones de hectáreas), y de acuerdo con la ley brasileña, el 80% de la superficie de las propiedades productivas establecidas en las áreas forestales de la Amazonía debe ser preservada (Reserva Amazonia legal, IBGE Censo Agropecuário, 2006; Castrillón Fernández A. J., 2006), (PAE, 2018).

Principal producto agrícola: los biocombustibles, siendo Perú y Brasil, los que producen el 31,2% y el 31%, respectivamente, y son los países de la Región Amazónica los que mayor superficie dedican a dichas actividades, incluidas las pecuarias.

En el caso del Perú, el 70% de su territorio es amazónico y allí se desarrollan actividades agrícolas debido a la facilidad en el acceso al agua, principalmente. La actividad agrícola forma parte del crecimiento económico y de la producción de alimentos para el país en general, con grandes extensiones de cultivos de maíz, arroz, yuca y plátano (CIAT, 1993).

También hay que destacar las plantaciones de los pueblos indígenas, quienes por su parte tienen identificadas más de 2.000 especies de plantas con propiedades medicinales, alimenticias y productoras de aceites, grasas, ceras, barnices, aromas, saponinas, látex, gomas, condimentos, tóxicos, etc., y cerca de 4.000 especies maderables (Rutter, 1990).

Perú posee la mayor diversidad de especies de plantas, por lo que hay un aprovechamiento de más de 200 especies de frutas consumibles por la población amazónica, 2.786 especies maderables (Vásquez y Gentry, 1989), mientras que en Brasil, se registran aproximadamente 260 especies de alto valor económico (Sternadt et al., 1988). El 90% del valor económico del bosque proviene de una diversidad de productos diferentes a la madera (Peters et al., 1989; BID PNUD TCA, 1992), (PAE, 2018).

18. Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Ecuador, Guyana, Perú y Surinam; portal web de Bolivia, GeoBolivia (http://geo.gob.bo/), portal web Venezuela – Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve); banco de datos de los Institutos de Estadística y Censos de cada país:

Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics - Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Surinam: Algemeen Bureau voor de Statistiek in Suriname, Censo de población y vivienda 2012; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

2.2.2.1.1. Población Económicamente Activa (PEA) con Dedicación a Actividades Agropecuarias.

La actividad agropecuaria en la Región Amazónica genera una gran demanda de personas desarrollando esta ocupación como parte de su sustento económico. La población con esta dedicación, se encuentra ubicada en la zona de ribera de los afluentes principales del río Amazonas y en la parte alta de la Región, en la Amazonía Andina, como se registra en el **MAPA 23. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA CON DEDICACIÓN AGROPECUARIA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

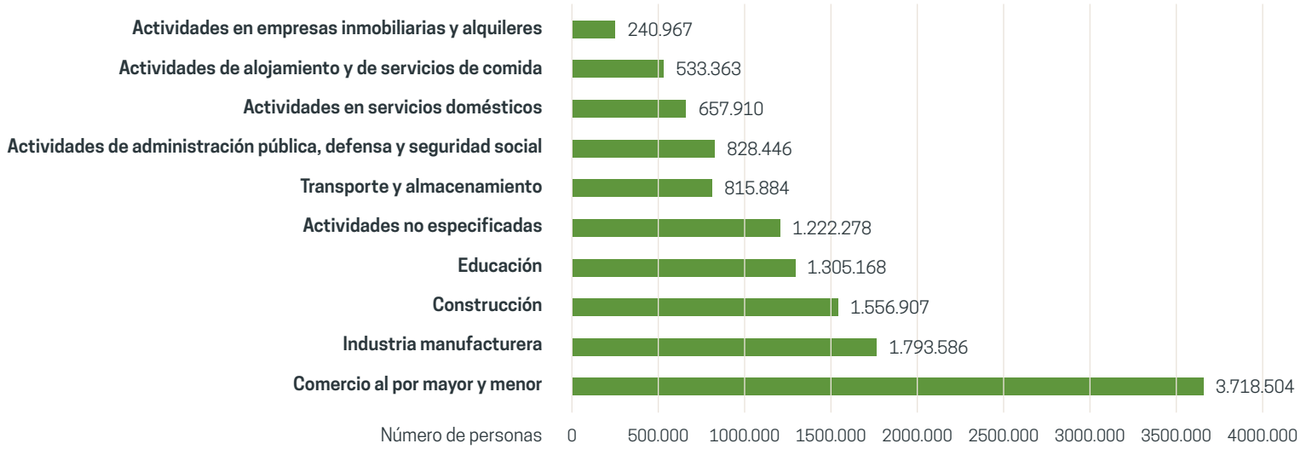
La mayor concentración de población ocupada en actividades agropecuarias se observa hacia el lado oeste de la Región, en el territorio amazónico de Perú, desplazándose hacia el sur, hasta llegar a la zona sur de la Amazonía boliviana, con valores que alcanzan el 85,76% de habitantes (con relación a la población económicamente activa de su administración política) dedicados a estas actividades, al igual que en el municipio de San Sebastián en la Amazonía colombiana.

2.2.2.1.2. Población Económicamente Activa (PEA) en Actividades Alternativas.

Se trata de un tipo de población cuyas actividades económicas no dependen directa o indirectamente de la agricultura y la ganadería, es decir, es la población cuyos medios de vida se encuentran vinculados a actividades de comercio, pesca, minería, albañilería, actividades administrativas, educativas, etc.

El **MAPA 24. POBLACIÓN ECONÓMICAMENTE ACTIVA CON ACTIVIDADES ALTERNAS A LA AGRICULTURA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** muestra la distribución (en número de habitantes) de la PEA en áreas que no son agricultura o ganadería.

FIGURA 22.
Actividades económicas alternativas a la agricultura en la Región Amazónica



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Compilación de información estadística de los Puntos Focales de la OTCA[19].

Entre las actividades económicas alternativas de mayor ocurrencia en la Región Amazónica, se encuentran el comercio, las actividades asociadas a la manufactura y la construcción. La **FIGURA 22** presenta las diez actividades económicas alternativas con mayor demanda de mano de obra, según los datos censales entre 2005 y 2012.

19. Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics - Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007.

2.3. Descripción de las Infraestructuras

2.3.1. La Infraestructura de Salud

A partir de la información sobre la ubicación de los establecimientos de salud en la Región Amazónica, según los datos suministrados por los Países Miembros de la OTCA, se creó el **MAPA 25. DISTRIBUCIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, donde se identifican las zonas con mayor cantidad de centros, incluyendo hospitales y pequeños centros de salud, contabilizados en cada una de las divisiones político-administrativas.

2.3.2. Los Establecimientos Educativos

Se refiere a la infraestructura de educación o de establecimientos educativos existentes en las dependencias político-administrativas de la Región Amazónica. El **MAPA 26. DISTRIBUCIÓN DE CENTROS EDUCATIVOS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, se elaboró para mostrar el número de establecimientos de educación en todos los niveles existentes en la Región. Para cada país, se consideraron los puntos de ubicación de escuelas, colegios y universidades, según la última actualización de los datos, los cuales van desde el año 2008 en Bolivia, hasta el último censo de catastro educativo realizado en Brasil, en 2013. Ecuador, Guyana, Perú y Surinam cuentan con información de establecimientos educativos al 2012.

El **MAPA 26** muestra el número total de centros educativos de cada una de las divisiones político-administrativas de la Región Amazónica. La información es el resultado de las actualizaciones y levantamientos de datos anuales realizados en cada país sobre los servicios que estos prestan, sus deficiencias, número de alumnos, maestros y tipo de enseñanza, etc.

Las localidades con mayor densidad de infraestructura educativa se encuentran al oeste de la Región Amazónica (Perú) y de manera dispersa en Colombia (Cumaribo, Vichada), desplazándose por el centro hasta el delta del Amazonas con valores medios. El sector sur este de la Región posee la menor cantidad de centros educativos.

2.3.3. La Infraestructura de Movilidad

El desarrollo vial de la Región Amazónica guarda una estrecha relación con el crecimiento de la población y la expansión de la frontera agrícola. La construcción y el sostenimiento de las redes viales favorecen el acceso a territorios agrícolas y la comercialización de productos, como un avance en el desarrollo social y económico de las poblaciones amazónicas; no obstante, dicho desarrollo involucra grandes procesos de deforestación en la Región.

Entre los beneficios que otorgan las vías al desarrollo social se encuentran: la distribución de productos o mercaderías entre los puertos y ciudades principales de la Región Amazónica, su comercialización, el apoyo a las actividades de extracción de materias primas y la integración de las poblaciones amazónicas. La movilidad ocurre principalmente por vías terrestres o fluviales con puertos en centros poblados de importancia regional.

Las vías terrestres son clasificadas en: **(I)** vías de primer orden o vías principales, con una longitud total de 168.191 km aproximadamente, y **(II)** las vías de segundo orden, con cerca de 326.850 km de extensión, las cuales se representan en el **MAPA 27. RED DE CARRETERAS PRINCIPALES DE LA REGIÓN AMAZÓNICA** y en el **MAPA 28. RED DE CARRETERAS SECUNDARIAS DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Las vías fluviales o hidrovías forman parte del medio de transporte principal de la población y de las grandes cargas de la Región Amazónica, cubren aproximadamente 24.000 km de ríos navegables, como se puede apreciar en el **MAPA 29. RED DE HIDROVÍAS DE LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

La Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana (IIRSA) junto con el Consejo Suramericano de Infraestructura y Planeamiento (COSIPLAN) de la Unión de Naciones Suramericanas (UNASUR), han elaborado una agenda de proyectos y programas para el desarrollo económico e integral de América Latina, siendo una de sus áreas estratégicas, la integración y el desarrollo de la planificación territorial del eje amazónico.

Entre los proyectos ejecutados, se encuentra una de las obras viales más importantes para la Región, como es el eje vial Multimodal Manta–Manaos, que comienza en el puerto de Manta (costa del Ecuador en el Pacífico), cruza la región andina y la Amazonía de ese país, entra en el Perú, a continuación, se dirige hacia el este, para llegar al puerto de Manaos, de ahí sigue a Belém y al océano Atlántico en Brasil.

Su función es la de conectar los principales puertos del océano Pacífico con los del Atlántico, y los pueblos de la Amazonía andina con la Amazonía brasileña. Su área de influencia es de 5'657.679 km², (UNASUR/COSIPLAN, 2011).

Esta carretera o eje vial consiste en un tramo de hormigón asfáltico desde Manta hasta Puerto Providencia en la provincia de Orellana (Ecuador), desde allí empieza el recorrido por vía fluvial hasta el puerto de Manaos para llegar posteriormente a Belem y al delta del Amazonas en el Atlántico, tal como se muestra en el **MAPA 30. EJE VIAL MULTIMODAL MANTA–MANAOS**.

La ocupación del territorio amazónico se encuentra directamente asociada a la deforestación y a la concentración de carreteras, la cual tuvo sus inicios en la década de 1960, época en que las políticas estatales brasileñas apostaron por la red de carreteras debido a los incentivos en la producción agropecuaria en la zona (de Jong et al., 2010).

2.3.4. La Infraestructura Eléctrica

El 60% del total de la energía eléctrica de la Región Amazónica es generado por hidroeléctricas. Otros tipos de energía utilizadas, son:

» Termoeléctrica

- Termonuclear
- Eólica
- Solar

El **MAPA 31. INFRAESTRUCTURA ELÉCTRICA DE LA REGIÓN AMAZÓNICA** indica la distribución y localización de las infraestructuras de generación de energía eléctrica.

Las hidroeléctricas se encuentran localizadas mayormente en la Amazonía andina y en las zonas de pie de monte de las elevaciones más representativas de la Región. Por su parte, las termoeléctricas —que constituyen el 34% de las infraestructuras— se encuentran distribuidas en las zonas bajas.

2.4. El Medio Ambiente

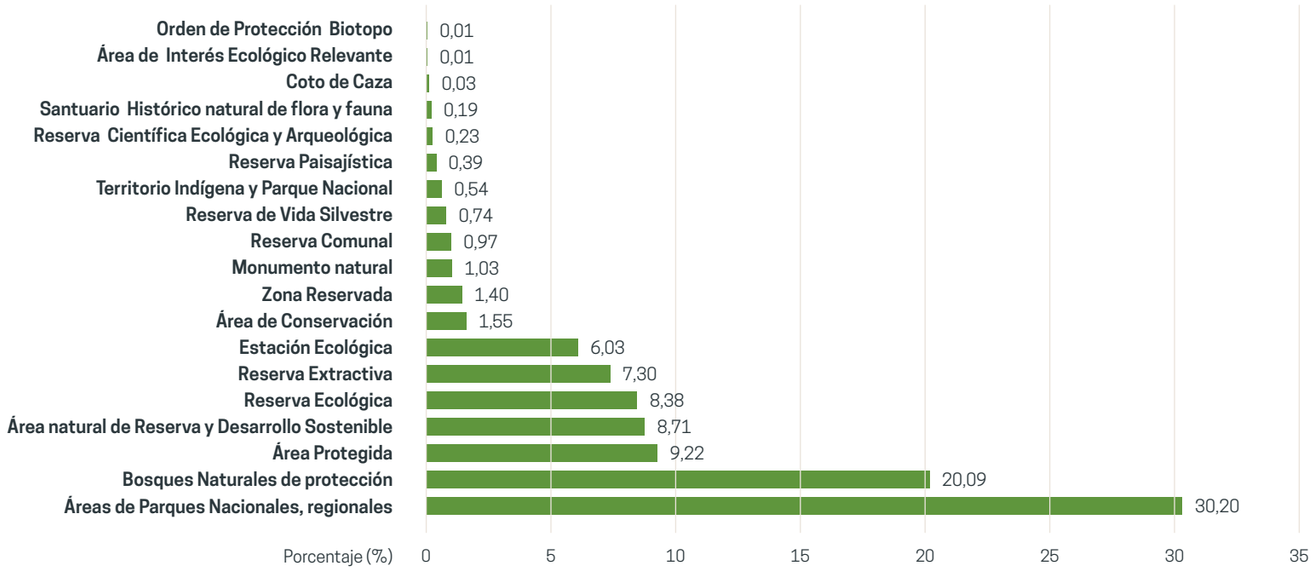
2.4.1. Áreas Protegidas

En la Región Amazónica se encuentran definidas áreas para su conservación y protección, denominadas en conjunto "Áreas Protegidas" (AP) y definidas como "un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y manejado, a través de medios legales u otros medios efectivos, para lograr la conservación en el largo plazo de la naturaleza con sus servicios ambientales y valores culturales asociados" (Dudley et al., 2012).

Dichos espacios ocupan aproximadamente el 20,3% del territorio amazónico en estudio, lo que equivale a una superficie de 1'607.896 km², sin contar las áreas específicamente destinadas a los pueblos indígenas. Del total de territorios bajo protección y conservación, el 30% aproximadamente pertenece a áreas de parques nacionales y regionales; el 20% a bosques naturales en protección, y menos del 10% de las áreas, a zonas de reserva de distintas clases como:

FIGURA 23.

Porcentaje de áreas protegidas en la Región Amazónica



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA.[20]

Áreas Naturales de Reserva y Desarrollo Sostenible, Reserva Paisajística, Reserva Extractiva, Reserva Ecológica, Refugio de Vida Silvestre, Reserva Comunal, Reserva Científica Ecológica y Arqueológica, y Monumentos Naturales (compilación de información espacial a través de los Puntos Focales).

En términos de superficie protegida relativa al área total de la Región Amazónica, solo un 22,5% se encuentra bajo áreas de conservación y protección, entre las que se destacan por su superficie, las áreas de parques nacionales y bosques naturales, como se aprecia en la **FIGURA 23**.

En el **MAPA 32. DISTRIBUCIÓN DE LAS ÁREAS PROTEGIDAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, se observa que la mayor extensión de dichas áreas se encuentra en los sectores norte, centro y este de la Región, desde el área del bosque húmedo tropical hasta el delta del Amazonas.

Los espacios protegidos corresponden a zonas oficialmente declaradas para su conservación y protección en cada uno de los Países Miembros de la OTCA, información que forma parte del banco de datos disponible para cada territorio.

20. Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana, Perú y Surinam. Portal web de Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/). Portal web Venezuela–Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

3

Las Amenazas Hidroclimáticas

Dentro de su variabilidad, el clima ocasionalmente presenta anomalías extremas, es decir marcadas diferencias de lo considerado normal o promedio. Estas fases extremas traen consigo fenómenos hidroclimáticos, como la sequía o las inundaciones de largo plazo. De igual manera, estas fases propician una mayor o menor frecuencia, una intensidad o duración de los fenómenos meteorológicos extremos (o bien extremos momentáneos como las tormentas, los tornados, las granizadas, las heladas y las olas de calor).

Así, por ejemplo, bajo una fase extrema con exceso anómalo de precipitación, se hacen más frecuentes las tormentas, las crecientes y las inundaciones súbitas, los eventos de remoción en masa o deslizamientos, mientras que la fase anormalmente deficitaria de lluvias (sequía) propicia el desarrollo de incendios forestales.

Los fenómenos hidroclimáticos extremos que se presentan en una región son una amenaza para los ecosistemas y sistemas humanos que están expuestos, la cual se concreta con impactos que pueden generar desastres.

En el marco conceptual de este estudio, se considera como amenaza, la condición bajo la cual, un sistema o elemento del sistema está expuesto al impacto de un fenómeno hidroclimático extremo, situación que se valora en términos de probabilidad de pérdidas o daños.

Los fenómenos hidroclimáticos extremos identificados como las amenazas más importantes por cobertura espacial y por la magnitud de los impactos han sido la sequía y las inundaciones de largo plazo de las zonas planas. Esta conclusión se desprende del análisis de los desastres (usando las bases de registros sobre desastres de los países de la Región), que se describe a continuación.

3.1. Análisis de los Desastres Recurrentes en la Región Amazónica

Como una aproximación a la identificación de los desastres más frecuentes por causa de los fenómenos hidroclimáticos extremos en la Región Amazónica, se exploraron las bases de datos de desastres regionales Desinventar (htpp://www.desinventar.org) de la Corporación OSSO–LA RED–UNISDR (Corporación OSSO, 2013).

Con el fin de conocer el inventario de desastres en la Región, fueron consultadas las bases de datos de DESINVENTAR para Bolivia, Colombia, Ecuador, Guyana y Venezuela. En el caso de Surinam: Suriname EM-DAT, de la OFDA (OFDA/CRED, 2009) y para Brasil, el Sistema Integrado de Información sobre Desastres-S2ID (Defensa Civil de Brasil, 2014).

La base de datos DESINVENTAR cuenta con el registro de la fecha de ocurrencia de un evento extremo y señala: el número de viviendas, cultivos, ganado, bosques (en hectáreas), vías (en metros), número de centros educativos y hospitalarios, que han sido afectados, así como la duración de los eventos, entre otros, como parte de la información aplicable al presente estudio.

En la **FIGURA 24** se muestra la síntesis del análisis de los desastres causados por diferentes fenómenos de índole meteorológico e hidroclimático, presentados como el porcentaje obtenido entre el número de registros de desastres ocasionados por un fenómeno determinado y el total de los reportes de desastres, incluidos en las bases de datos mencionadas para el período 1970–2015 , las inundaciones representan el 50% de los desastres en la Región Amazónica.

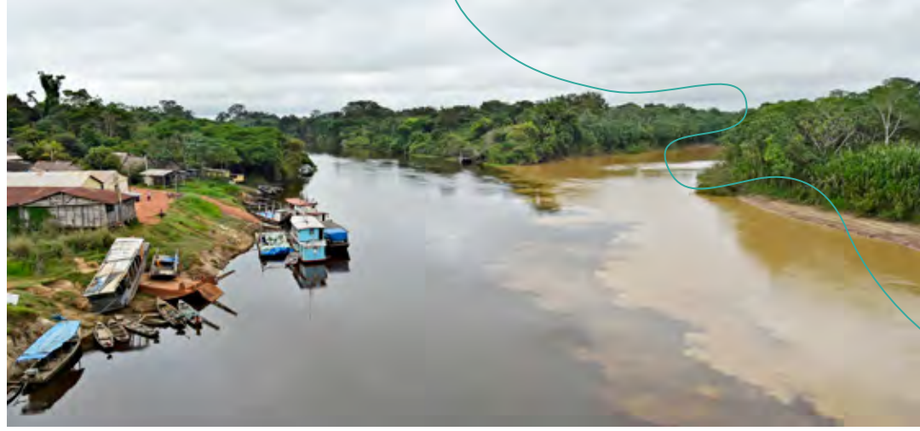
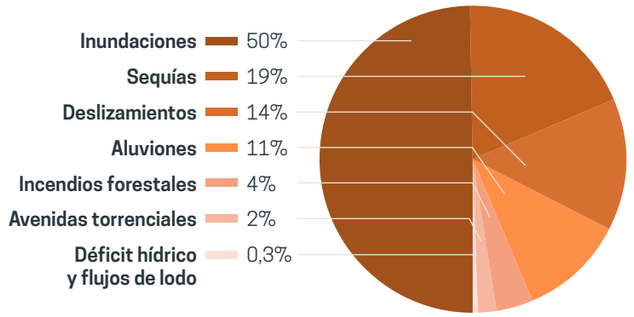


FIGURA 24.
Recurrencia de registros históricos de desastres asociados a fenómenos hidroclimáticos extremos en la **Región Amazónica** (1970-2015)

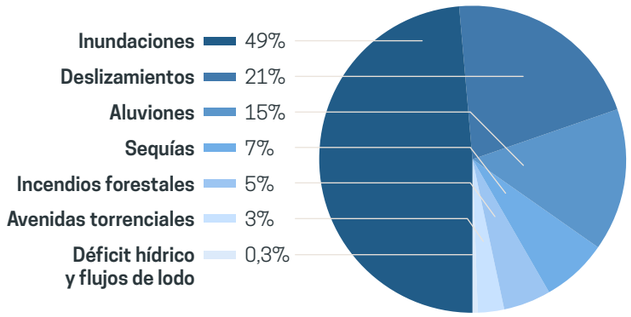


ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Sistema de Información de desastres, DESINVENTAR–Corporación OSSO; EM–DAT, OFDA; Defensa Civil de Brasil–S2ID.

En la **FIGURA 25** se observa que las inundaciones se encuentran en el primer lugar de ocurrencia con el 49% en la Amazonía Andina, seguido de los deslizamientos con el 21% y aluviones con el 15%. Otros desastres asociados a fenómenos hidroclimáticos tienen menor ocurrencia como el de sequías con el 7%, incendios forestales con el 5% y avenidas torrenciales con el 3%. Finalmente, el déficit hídrico y flujo de lodo tiene un 0,3%. Esto indica que la fase extrema de variabilidad climática asociada a lluvias por encima de lo normal es la que genera más eventos de desastre en la Región Amazónica.

El análisis a escala subregional de la incidencia de los fenómenos meteorológicos e hidroclimáticos extremos permite observar que en la Amazonía andina, el mayor porcentaje de los eventos extremos también se relaciona con lluvias y sus eventos asociados, como se aprecia en la **FIGURA 25**, ocupando cerca del 88% del total de registros, mientras que las sequías y los incendios forestales sumados, alcanzan un 12%.

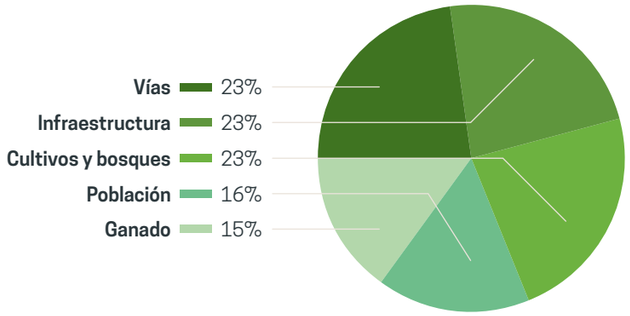
FIGURA 25.
Resumen de registros históricos de desastres asociados a fenómenos hidroclimáticos extremos en la **Amazonía Andina** (1970-2015)



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Sistema de Información de desastres, DESINVENTAR–Corporación OSSO.

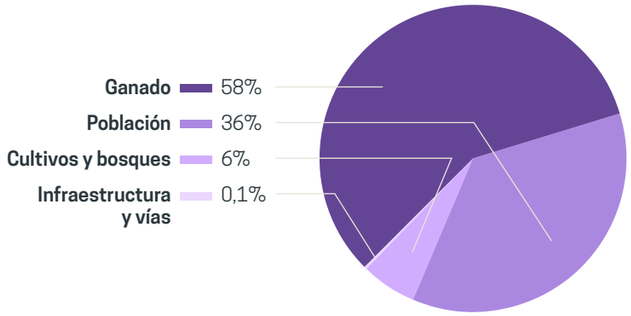
Tras haberse identificado que los fenómenos de mayor recurrencia son las inundaciones, se exploró su afectación sobre los sistemas socioeconómicos, como se puede ver en la **FIGURA 26**. Para el caso de las inundaciones, los sectores más afectados son los cultivos y bosques, al igual que las vías y la infraestructura escolar y de salud, impactados con un 23%, cada uno; mientras que la población y el sector ganadero registran un 16 y un 15% respectivamente, del total de las afectaciones.

FIGURA 26.
Impacto de las inundaciones sobre los sistemas socioeconómicos y biofísicos (1970-2015)



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Sistema de Información de desastres, DESINVENTAR–Corporación OSSO; EM–DAT, OFDA; Defensa Civil de Brasil–S2ID.

FIGURA 27.
Impacto de las sequías sobre los sistemas socioeconómicos y biofísicos (1970-2015)



ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN.
FUENTE: Sistema de Información de desastres, DESINVENTAR–Corporación OSSO; EM–DAT, OFDA; Defensa Civil de Brasil–S2ID.

En cuanto a las sequías, en la **FIGURA 27** se observa que el mayor impacto ocurre sobre el sector ganadero, con el 58%, y sobre la población, con el 36% de las afectaciones. Los impactos sobre los cultivos y los bosques por efectos de las sequías constituyen el 6% del total de las afectaciones ante este fenómeno en la Amazonía andina (Corporación OSSO, 2013); no obstante, la incidencia de incendios forestales también representa un papel determinante, dentro de las principales causas de pérdida de grandes extensiones de bosques en la Región.

3.2. Las Amenazas por Sequías e Inundaciones

Los mapas de amenazas por eventos hidroclimáticos extremos fueron elaborados utilizando el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI, sigla en inglés), descrito en el Capítulo 1.2.4. Metodología para el análisis de amenazas hidroclimáticas (McKee et al., 1993).

Inicialmente, se realizó la zonificación de los fenómenos extremos (sequía o exceso anómalo de precipitación) en la Región, la cual consistió en la espacialización o elaboración de mapas, que sectorizaran la manifestación de estos fenómenos. Se contabilizó para cada punto de la imagen (con disponibilidad de datos mensuales del SPI para 6 meses), el número de veces que el SPI6 estuvo por debajo del valor de –2,0 y por encima del valor 2,0, es decir, el número de casos con eventos de extrema sequía e inundaciones de larga duración respectivamente, en un período de 35 años.

El **MAPA 33. RECURRENCIA DE EVENTOS DE SEQUÍAS EXTREMAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** presenta la distribución espacial de la recurrencia por número de eventos, donde el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) identificó un valor de -2,0, es decir los sitios donde se registran eventos de extremas sequías de manera recurrente en la Región Amazónica.

Se observa que durante el período analizado, los eventos de sequía han sido más frecuentes en el sector sur de la Región, en el sector sur de los llanos bolivianos y en la frontera Bolivia–Brasil sobre las cuencas de los ríos Beni, Mamoré, Guaporé y Machado.

Ahora bien, la menor frecuencia del fenómeno de sequía ocurre en el arco andino de la Región, desde el norte de Perú hacia Ecuador, Colombia Venezuela, Guyana y Surinam. Esto coincide con los resultados obtenidos del análisis de los reportes por desastres asociados con este fenómeno expuesto arriba.

El **MAPA 34. RECURRENCIA DE EVENTOS DE HUMEDAD EXTREMA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** muestra que los extremos que dan origen a las inundaciones, registran un SPI6 mayor a 2.0, esto indica que son más frecuentes en la parte alta de las cuencas de los ríos Madre de Dios, Purús, Juruá y Marañón (sector amazónico de Bolivia y Perú), aunque las inundaciones como tales ocurran en la parte baja de estos ríos, en el Madeira y el Amazonas. Por este motivo, para las inundaciones se creó adicionalmente el **MAPA 35. LOCALIZACIÓN DE LAS ZONAS INUNDABLES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Según las zonificaciones de la frecuencia de los extremos del SPI6 **(MAPAS 33 Y 34)**, el sector suroccidental de la Región presenta una mayor recurrencia de los eventos extremos, al parecer generada por ciclos de 2–3 años.

En las regiones del norte del Perú, Ecuador, Colombia, Venezuela, Guyana y Surinam tales oscilaciones o ciclos parecen tener un período mayor (de 5–6 años, posiblemente décadas).

TABLA 20.
Síntesis de la exposición a los fenómenos hidroclimáticos sequía e inundaciones en la Región Amazónica

SISTEMAS EXPUESTOS	ELEMENTOS EXPUESTOS	EXPUESTOS A FENÓMENOS HIDROCLIMÁTICOS EXTREMOS	
		SEQUÍA	INUNDACIÓN
SISTEMA SOCIOECONÓMICO	Población	*	*
	Medios de vida	*	*
	Infraestructura		*
SISTEMA BIOFÍSICO	Medio natural	*	*

ELABORACIÓN: Servicios Geoespaciales–CIIFEN. **FUENTE:** Metodología para valoración de indicadores de vulnerabilidad (CIIFEN, 2018).

Una vez realizada la zonificación de estos fenómenos hidroclimáticos extremos, se identificaron los sistemas y elementos del medio biofísico y socioeconómico que están expuestos ante dichos fenómenos, por lo que se constituyen en amenaza, como se detalla en la **TABLA 20**.

La sequía afecta a todo el medio biofísico y al sistema socioeconómico de la Región Amazónica, siendo el sector agropecuario, el que presenta la mayor área de exposición, lo cual se registró en el **MAPA 36. AMENAZA DE LAS ÁREAS AGROPECUARIAS POR SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Al comparar los **MAPAS 33 Y 36** se puede establecer que este fenómeno extremo es una amenaza alta para los sistemas agrícolas en el sector suroccidental de la Región; mientras que la amenaza por sequía es menor para los sistemas localizados en diferentes sectores del arco andino y en el borde oriental de la Región.

En el **MAPA 36** se ve en detalle que dichos sistemas localizados al sur de la Región y en la parte alta del borde andino son los más amenazados.

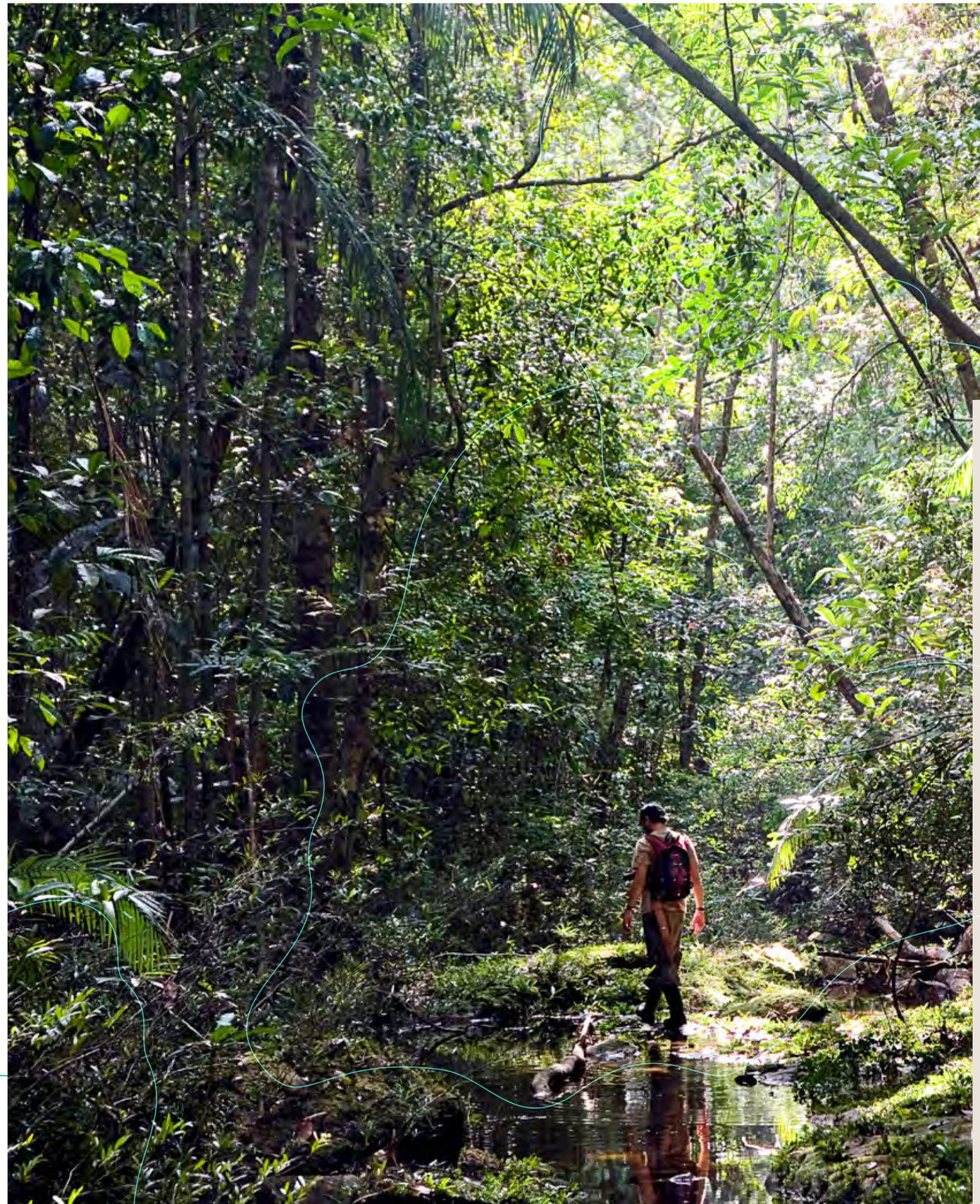
El principal problema que provoca la sequía es asegurar el abastecimiento de agua potable, lo cual impacta la población de las ciudades y de los poblados de la Región. Por tal razón, se creó el **MAPA 37. AMENAZA DE LOS CENTROS POBLADOS POR SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, donde se observa la distribución espacial de esta amenaza, siendo alta en la región andina, mientras que en la mayor parte de la Región, la amenaza es considerada media.

Las amenazas por inundaciones se reflejan tanto en el **MAPA 38. AMENAZA DE LAS ÁREAS AGROPECUARIAS POR INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, como en el **MAPA 39. AMENAZA DE LOS CENTROS POBLADOS POR INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, los cuales destacan que los sistemas expuestos a tal fenómeno son los sistemas de producción agropecuarios y la población de la Región Amazónica.

Asimismo, como se señaló, la amenaza por inundación está presente en las zonas inundables de la Región **(VER MAPA 35)**, pero aumenta en las zonas con mayor frecuencia de períodos de lluvias anormalmente abundantes.

El **MAPA 38** permite apreciar las áreas de cultivo y el diferente grado de amenaza a lo largo de los ríos y llanos bolivianos. Si bien se analizó que a lo largo de los ríos, la amenaza por inundación de los cultivos y de los pastos está latente, se debe considerar que existen sectores al sur de la Región Amazónica, donde la amenaza resalta por ser más alta. Esto significa que las amenazas a la población por las inundaciones son generalmente altas en las regiones ribereñas con mayor densidad poblacional.

En el caso de la zona oriental plana de Bolivia, el elevado grado de amenazas se debe al hecho que comparativamente con el resto de la Región Amazónica, esta zona tiene la mayor frecuencia de fases extremas de altas precipitaciones, lo cual se explicita en el **MAPA 39**.



4

Vulnerabilidad Hidroclimática

Con la identificación de las sequías y las inundaciones como las principales amenazas hidroclimáticas que impactan la Región Amazónica, se valoró un grupo de indicadores que permiten realizar una aproximación del nivel en el que los sistemas socioeconómico y biofísico de la Región pueden verse afectados por estos fenómenos, así como también, todas aquellas características que indican el desarrollo de capacidades para afrontar los impactos de los eventos hidroclimáticos extremos y adaptarse.

Así, tanto la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica de la Región, como sus componentes de sensibilidad y capacidad de adaptación (socioeconómica) son representados en mapas temáticos que categorizan los resultados de vulnerabilidad y sus factores en cinco niveles que oscilan entre muy alto a muy bajo.

4.1. La Vulnerabilidad Socioeconómica

La vulnerabilidad socioeconómica se representa por cuatro Indicadores de sensibilidad que integran las características de la población de la Región Amazónica y su relación con el territorio, así: por dependencia de edad, actividad agropecuaria, por aptitud agrícola del suelo y por dotación vial ante inundaciones.

La capacidad de adaptación por su parte, se encuentra integrada por cuatro indicadores que son: la presencia de las infraestructuras de salud y educativa; actividades económicas alternas a la agricultura y abastecimiento de agua potable en las viviendas.

El **MAPA 40. SENSIBILIDAD POR APTITUD AGRÍCOLA ANTE SEQUÍAS E INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** permite ver la distribución espacial de la sensibilidad por la aptitud del suelo en las áreas agrícolas, haciendo referencia a los límites político–administrativos de los países que integran la Región Amazónica.

Se observa que la sensibilidad es mayor en las regiones oriental y suroriental de la Región. La baja aptitud del suelo en estas zonas, así como las grandes extensiones de tierra dedicadas a la actividad agrícola, hacen que se alcance una alta sensibilidad ante los fenómenos hidroclimáticos extremos analizados.

Según se puede constatar en el **MAPA 41. SENSIBILIDAD POR DEPENDENCIA DE EDAD ANTE SEQUÍAS E INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, la sensibilidad socioeconómica indicada como muy alta, por dependencia de edad ante sequías e inundaciones, está concentrada principalmente en Guyana y Surinam, donde se encuentra el mayor porcentaje de población joven (0–14 años) de la Región.

Al continuar con el análisis de la población bajo condiciones de amenazas hidroclimáticas, el **MAPA 42. SENSIBILIDAD DE LA ACTIVIDAD AGROPECUARIA ANTE SEQUÍAS E INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, muestra que en el arco andino de Bolivia y Perú, así como en la parte media de los ríos tributarios andinos, se registra la mayor sensibilidad socioeconómica ante sequías e inundaciones para la población económicamente activa dedicada al sector agropecuario.

Al estudiar el componente socioeconómico, en particular la distribución espacial del indicador de sensibilidad del sistema vial ante inundaciones, el **MAPA 43. SENSIBILIDAD POR DOTACIÓN VIAL ANTE INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** señala los mayores valores en una estrecha franja en el arco andino de la Región, aunque también en una zona más ancha, a lo largo del borde sur y oriental. Esta particular distribución se explica por la mayor densidad de la red de vías en estos sectores, que se afectan por las inundaciones.

El análisis de la capacidad de adaptación ante inundaciones y sequías arrojó resultados muy relevantes para los Países Miembros de la OTCA.

El **MAPA 44. CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN SOCIOECONÓMICA ANTE INUNDACIONES Y SEQUÍAS POR ACTIVIDADES ECONÓMICAS ALTERNAS A LA AGRICULTURA EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** da a conocer la capacidad de adaptación socioeconómica de la población, debido a la disponibilidad de actividades económicas alternas a las agropecuarias. Donde hay una mayor proporción de actividades diferentes a las agropecuarias, se da una mayor capacidad de adaptación. Se aprecia una menor capacidad de adaptación en el sector andino de la Amazonía y en la franja a lo largo del río Amazonas.

El **MAPA 45. CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN SOCIOECONÓMICA ANTE INUNDACIONES POR PRESENCIA DE INFRAESTRUCTURA EDUCATIVA DE LA REGIÓN AMAZÓNICA** muestra un grado muy bajo de capacidad de adaptación ante las inundaciones, debido a una baja disponibilidad de infraestructura educativa en amplias regiones de la Amazonía colombiana y el sureste de la Amazonía regional. Sin embargo, en las zonas con mayor densidad de población, los índices son mejores, con capacidades de adaptación moderadas a altas. En las regiones sur y oriental de la Región, este indicador es bajo debido a una reducida densidad de centros poblados.

La capacidad de adaptación ante sequías relacionada con el abastecimiento de agua por la red pública se puede observar en el **MAPA 46. CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN SOCIOECONÓMICA ANTE SEQUÍAS POR ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**. En términos generales, la capacidad de adaptación frente a este indicador es mala, en la medida que gran parte de la Región no cuenta con suministro de agua potable, por lo cual, dicha capacidad se califica como muy baja. Sin embargo, al parecer hay una buena cobertura de suministro de agua en el sector oriental de la Región y de manera dispersa en la Amazonía venezolana, colombiana y ecuatoriana. Algunos sectores de los llanos de Bolivia, la Amazonía colombiana y sur de Venezuela presentan buena capacidad de adaptación.

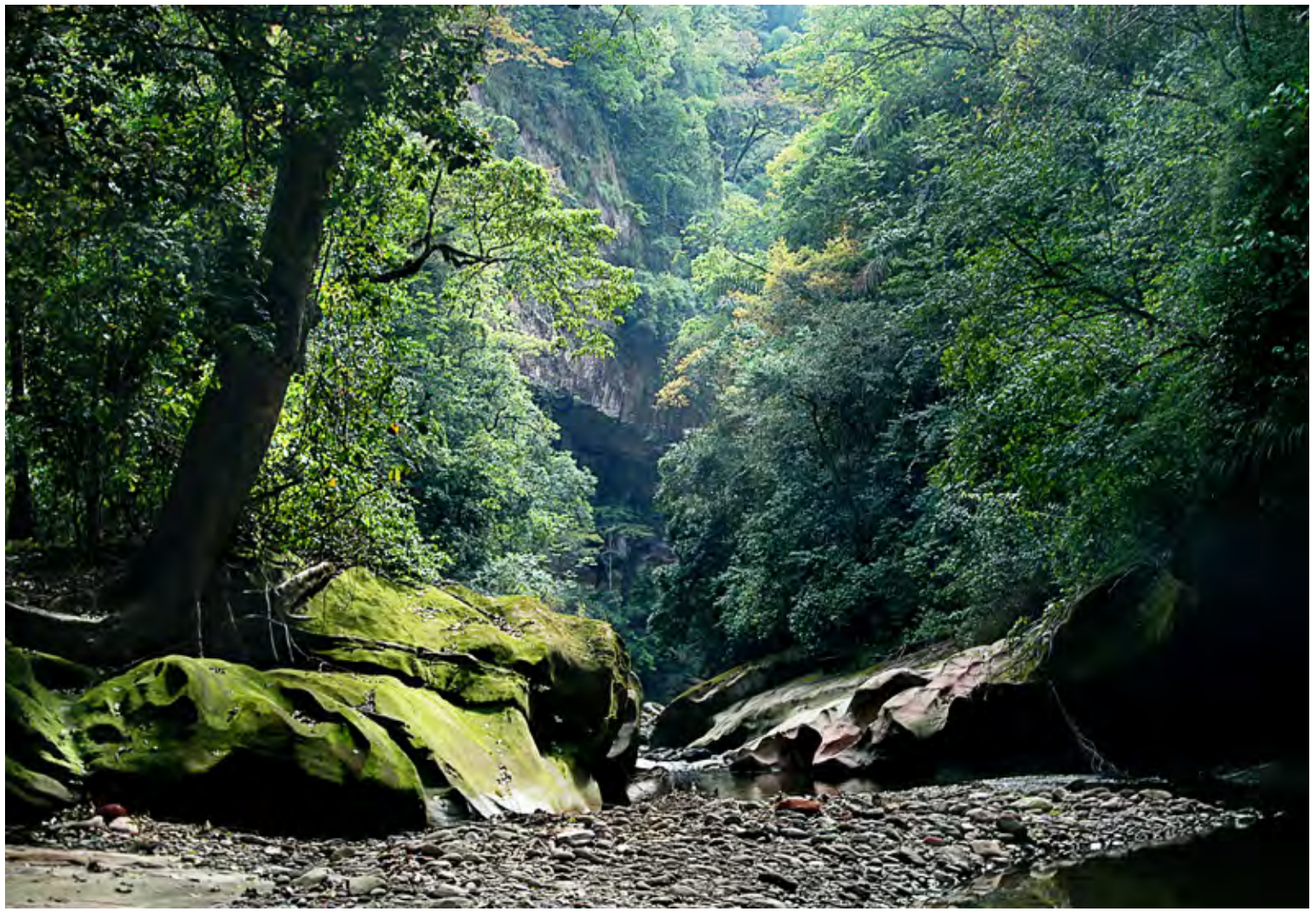
4.2. La Vulnerabilidad Biofísica

Al analizar el componente biofísico se desglosaron sus diferentes elementos relacionados con: textura del suelo, pendiente del terreno, redes hídricas, tipo de vegetación, entre otros, los cuales se plasmaron en detalle en los diferentes mapas que se describen a continuación.

La valoración de la sensibilidad biofísica ante sequías teniendo en cuenta el factor de la pendiente del terreno de la Región Amazónica se muestra en el **MAPA 47. SENSIBILIDAD BIOFÍSICA POR PENDIENTE DEL TERRENO ANTE SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**. Como las zonas de alta pendiente presentan la mayor sensibilidad, a simple vista se nota que es el borde andino, el sector en el que se observan los más altos valores de sensibilidad biofísica ante sequías.

El **MAPA 48. SENSIBILIDAD BIOFÍSICA POR PENDIENTE DEL TERRENO ANTE INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** hace ver que la sensibilidad a las inundaciones debido a la pendiente del terreno es mayor en toda el área plana de la Región y en algunos pequeños sectores en la parte andina.

Del mismo modo, son importantes los resultados obtenidos en relación con la sensibilidad biofísica de la vegetación ante las sequías e inundaciones, la cual se encuentra definida por el tipo de vegetación y su relación con el factor: pendiente del terreno. Como se puede observar en el **MAPA 49. SENSIBILIDAD BIOFÍSICA POR TIPO DE VEGETACIÓN ANTE SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, esta sensibilidad muestra que la categoría más alta está dada en las zonas agrícolas de la parte alta de la Región, en el pie de monte de la cordillera andina y en sectores dispersos a ambos lados del río Amazonas (Región baja).



La sensibilidad biofísica ante inundaciones, que se visualiza en el **MAPA 50. SENSIBILIDAD BIOFÍSICA POR TIPO DE VEGETACIÓN ANTE INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, refleja que tanto en las zonas agrícolas como en las zonas bajas de la Región, donde la vegetación es regularmente inundable, la sensibilidad es alta o muy alta.

La distribución de la sensibilidad biofísica ante sequías e inundaciones debido a la textura del suelo se puede apreciar tanto en el **MAPA 51. SENSIBILIDAD BIOFÍSICA POR TEXTURA DEL SUELO ANTE SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** como en el **MAPA 52. SENSIBILIDAD BIOFÍSICA POR TEXTURA DEL SUELO ANTE INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**. Debido a la textura del suelo, la Región es poco sensible a sequías, según se indica en el **MAPA 51**. Solo hay algunos sectores con alta sensibilidad que se presentan en el cuadrante suroriental. Por este mismo factor, la totalidad de la Región es altamente susceptible a inundaciones según se ve en el **MAPA 52**.

La sensibilidad biofísica de la Región ante las sequías y las inundaciones debido a la dotación de la red hídrica se ilustra en los **MAPAS 53. SENSIBILIDAD BIOFÍSICA POR DOTACIÓN DE RED HÍDRICA ANTE INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, así como en el **MAPA 54. SENSIBILIDAD BIOFÍSICA POR DOTACIÓN DE RED HÍDRICA ANTE SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**. La mayor sensibilidad biofísica ante las inundaciones ocurre en la parte andina, como figura en el **MAPA 53**, mientras que ante las sequías, la mayor sensibilidad ocurre en la parte baja y plana de la Región **(MAPA 54)**.

4.3. Mapeo Integrado de la Vulnerabilidad Hidroclimática

Las vulnerabilidades socioeconómica y biofísica de la Región Amazónica, por si solas, muestran la propensión de los sistemas socioeconómico y biofísico a verse impactados negativamente por las sequías e inundaciones.

Una interacción de estas dos vulnerabilidades (vulnerabilidad integral), permite establecer las limitaciones biofísicas del territorio y relacionarlas con las dinámicas socioeconómicas de la población. Los mapas de vulnerabilidad integral permiten por lo tanto, generar procesos de planificación del territorio, con la identificación de las zonas de mayor vulnerabilidad

socioeconómica, asentadas en muchos casos, sobre sectores con una alta y muy alta vulnerabilidad biofísica ante sequías e inundaciones.

El resumen del análisis de la vulnerabilidad de la Región Amazónica frente a la sequía se presenta en los siguientes mapas: **MAPA 55. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA ANTE SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, **MAPA 56. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD BIOFÍSICA ANTE SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** y **MAPA 57. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD INTEGRAL ANTE SEQUÍAS EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**.

Según el **MAPA 57**, los mayores valores de vulnerabilidad integral se registran en la parte alta andina (Amazonía boliviana, peruana y ecuatoriana), al sur, en el sector de la región del río Juruena (tributario del Tapajós), al oriente, sobre un amplio sector entre las cuencas de los ríos Xingú y Tocantins; y al norte, en un pequeño sector en la parte alta del río Branco.

Las condiciones como altas pendientes, vegetación de sabanas, actividades agropecuarias, baja dotación hídrica en algunas cuencas, sumado a una extrema reducción de la cantidad de lluvias, podrían provocar impactos en la población, sus medios de vida y en los ecosistemas.

En la zona oriental, las características socioeconómicas determinan el nivel de vulnerabilidad ante las sequías.

El predominio de población muy joven y adultos mayores, la alta dedicación económica a las actividades agropecuarias, acompañada de la baja aptitud de los suelos para la producción agrícola, podrían producir impactos significativos principalmente en la economía de la población.

Al explorar el origen de esta distribución de la vulnerabilidad ante la sequía y al analizar los **MAPAS 55 Y 56**, se puede establecer que la vulnerabilidad biofísica ante la sequía para la parte andina de la Región está determinada por la sensibilidad biofísica, mientras que en el sector sur, es el resultado de una participación casi igual de las sensibilidades biofísica y socioeconómica. En el oriente, en la vulnerabilidad ante la sequía influye en mayor proporción la sensibilidad socioeconómica.

Al examinar el **MAPA 58. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA ANTE INUNDACIONES EM LA REGIÓN AMAZÓNICA**, el **MAPA 59. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD BIOFÍSICA ANTE INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA** y el **MAPA 60. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE LA VULNERABILIDAD INTEGRAL ANTE INUNDACIONES EN LA REGIÓN AMAZÓNICA**, se puede deducir que de los dos componentes de la vulnerabilidad integral, la sensibilidad biofísica juega el papel más importante en la definición de la vulnerabilidad integral de la Región.

Un análisis similar sobre las inundaciones permite establecer que la mayor vulnerabilidad integral **(MAPA 60)** se sitúa en un amplio sector al suroriente de la Región Amazónica, así como en secciones a lo largo del río Amazonas, en los llanos amazónicos, en el piedemonte de los Andes, y en toda la zona plana contigua al río Amazonas o de sus afluentes, donde es notorio que la vulnerabilidad es alta o muy alta ante las inundaciones.

5

Conclusiones

El primer Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica constituye un punto de partida para los Países Miembros de la OTCA, para abordar desde la cartografía, la complejidad y magnitud biogeofísica (relieve, suelos, clima, vegetación, biomas, red hidrográfica) y socioeconómica del área, incluyendo la infraestructura de los establecimientos de salud, educación, de redes viales e hidrovías desde la región andina hasta el Atlántico.

Como un hecho inédito e innovador, el Atlas ofrece un conjunto de especificaciones técnicas y científicas sobre el clima, la variabilidad climática y el cambio climático en la Región. Se establece además una metodología para la construcción de seis mapas climatológicos que muestran la precipitación anual, la temperatura media anual, la evapotranspiración real, el balance hídrico e incluso, se obtuvo el Índice Estandarizado de Precipitación, como parte de la definición de las amenazas.

Sin embargo, el Atlas ofrece aún mucho más, presenta y explica una metodología para determinar las vulnerabilidades socioeconómica y biofísica, la sensibilidad y la capacidad de adaptación del sistema socioeconómico ante los eventos extremos.

De esta forma, se logran establecer las zonificaciones y frecuencias de las amenazas hidroclimáticas por sequías e inundaciones y se hace el mapeo integrado de la vulnerabilidad hidroclimática.

Así se concluye que el clima de la Región Amazónica presenta una variedad de fenómenos hidrometeorológicos e hidroclimáticos extremos, siendo las sequías y las inundaciones, los eventos de mayor relevancia identificados, por la cobertura espacial y por la magnitud de los impactos sobre la población, que generan significativas pérdidas socioeconómicas y alteraciones en los ecosistemas, fenómenos que afectan periódicamente la Región.

En ese sentido, uno de los mayores logros del Atlas es aumentar la comprensión y el conocimiento sobre el cambio climático, las amenazas hidroclimáticas y la vulnerabilidad ante inundaciones y sequías de la Región Amazónica, evidenciando que ambos fenómenos forman parte de las fases extremas de la variabilidad climática interdecadal e interanual, por lo cual, a continuación se destacan los principales hallazgos:

5.1. El Cambio Climático en la Región Amazónica

» Los escenarios de cambios en la temperatura promedio del aire de la Región Amazónica, sugieren un aumento de 3 a 4 ºC hacia finales del siglo XXI (2080-2100), por encima de lo observado en el período 1976-2005, lo que produciría fuertes impactos sobre los servicios ecosistémicos que brinda el entorno amazónico al clima global y local.

» Los escenarios de cambios en la precipitación estacional de la Región, sugieren un incremento de los extremos de lluvias tanto en intensidad como en cantidad.

» Se estima además, un ligero aumento 0-50% en las nacientes del río Amazonas, en la Amazonía colombiana, ecuatoriana, peruana, boliviana y sector sur de la Región, durante las estaciones: diciembre-febrero y marzo-mayo.

» Se considera también que habría una reducción de la precipitación del 0 al 50% por debajo de las lluvias observadas en el periodo 1976-2005, durante los meses: junio-agosto y septiembre-noviembre, mucho más marcada en el norte, centro y sur este de la Región.

5.2. La Variabilidad Climática en la Región Amazónica: Tipos de Amenazas Hidroclimáticas e Incidencia

Dentro de la variabilidad, el clima presenta en ocasiones fases extremas con una mayor o menor frecuencia, una intensidad o duración de los fenómenos meteorológicos extremos. Así, por ejemplo, bajo una fase extrema con exceso anómalo de precipitación, se hacen más frecuentes las tormentas, las crecientes y las inundaciones súbitas, los eventos de remoción en masa o deslizamientos, mientras que la fase anormalmente deficitaria de lluvias (sequía) propicia el desarrollo de incendios forestales.

Amenazas por sequías

» Algunas sequías, en particular las más intensas, han estado asociadas a las anomalías climáticas provocadas por el fenómeno de El Niño, mientras que otras han estado asociadas a condiciones anómalas en el Atlántico tropical.

» La sequía representa el 19% de ocurrencia de desastres en la Región. Solo en la Amazonía brasileña esta recurrencia aumenta a un 46% los desastres provocados por sequías.

» Los mayores impactos por incendios forestales en parte son resultado de la mayor sequía en la Región Amazónica sobre vastas áreas de ecosistemas de bosques húmedos y áreas agrícolas.

» Los impactos por sequías se ven reflejados principalmente en el sector ganadero y agrícola, en la población por acceso al agua y en la ocurrencia de incendios forestales (5%) como un evento asociado a las sequías.

» La mayor amenaza por sequías se sitúa en las zonas de grandes extensiones agropecuarias de la parte brasileña y en sectores de la parte alta de la Región, en los Andes bolivianos. Los mayores impactos causados por sequías para la población fueron registrados en el límite entre Bolivia y Brasil, y en la parte andina entre Bolivia y Perú.

Amenazas por inundaciones

» Algunas inundaciones de gran impacto ocurrieron bajo las condiciones del Fenómeno de La Niña, y otras por alguna situación particular, se dieron por la diferencia de temperatura que se produce entre los sectores tropical y subtropical del Atlántico sur.

» Las inundaciones están en el primer lugar de ocurrencia de desastres con el 50% del número total de reportes.

» Solo en la Amazonía brasileña esta recurrencia aumenta a un 51% los eventos relacionados con las inundaciones.

» Las inundaciones, además de ser una amenaza para el sector agropecuario, también causan una masiva destrucción de las infraestructuras de la población afectada en la Región. Las amenazas por inundaciones son significativas a lo largo de los ríos donde se extienden cultivos, infraestructura y asentamientos humanos, como son las zonas planas de la Amazonía boliviana, la región sur de la Amazonía brasileña, y las márgenes del río Amazonas y sus principales afluentes.

5.3. La Vulnerabilidad hidroclimática

La metodología aplicada para la determinación de la vulnerabilidad hidroclimática de la Región Amazónica, permitió resaltar los criterios del IPCC, publicados en su Quinto Informe de Evaluación para la Determinación de Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad (2014), a partir del cual se define un grupo de indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación construidos sobre la base del conocimiento de las características socioeconómicas y biofísicas de la Región y orientados hacia las amenazas hidroclimáticas más recurrentes en la Región como son las sequías y las inundaciones.

5.3.1. Vulnerabilidad integral ante sequías

» La muy alta vulnerabilidad integral por sequías en la zona andina permitió identificar que la vulnerabilidad biofísica ejerce una mayor influencia en la zonificación de las áreas más vulnerables, debido a que las altas pendientes, el tipo de vegetación de sabanas, las actividades agropecuarias y la baja dotación hídrica de las cuencas son características propicias para que una reducción en la cantidad de lluvia (por debajo de lo normalmente observado) genere condiciones de sequías y por ende, impactos en la población como: bajo acceso al agua, pérdidas en la actividad ganadera y agrícola. Por otro lado, un probable aumento de la temperatura en este sector, bajo condiciones de sequía, podría provocar incendios forestales.

» En la zona oriental de la Región, la alta vulnerabilidad integral ante sequías, tiene una mayor influencia en la vulnerabilidad socioeconómica, es decir que en este sector las características sociales y económicas como: la dependencia por edad, una alta dedicación a las actividades agropecuarias y una baja aptitud de los suelos para las actividades agrícolas, ante eventos de sequías, podrían producir impactos considerables en la economía de la población principalmente.

» Las regiones amazónicas más vulnerables a las sequías son: la parte alta de la Amazonía andina (Bolivia, Perú y Ecuador); la cuenca del río Juruena (tributario del Tapajós); un amplio sector entre las cuencas de Xingú y Tocantins y una pequeña región en la parte alta del río Branco.

5.3.2. Vulnerabilidad integral ante inundaciones

» La muy alta vulnerabilidad integral por inundaciones al suroriente de la Región Amazónica, a lo largo del río Amazonas, en los llanos amazónicos y en el piedemonte de los Andes, permitió conocer que la vulnerabilidad biofísica ejerce una mayor influencia en la Región, debido a que las bajas pendientes, la textura del suelo principalmente arcillosa y la alta dotación hídrica, generan condiciones propicias para que un incremento en la precipitación ocasione inundaciones con potenciales pérdidas en la infraestructura y medios de vida de la población.

» Las condiciones de alta vulnerabilidad socioeconómica en sectores dispersos de la Región podrían incrementar la probabilidad de impactos en la población, dedicada a actividades agropecuarias como un medio de vida, y afectaciones considerables a la red vial, infraestructura que normalmente se ve impactada por las inundaciones.

Para los Países Miembros de la OTCA que han participado activamente en el suministro de la información, se observa que desde la planificación es posible tomar acciones acordes con los ciclos de inundación y sequía, y también que se pueden focalizar políticas para la reducción de la vulnerabilidad, dado que se lograron localizar aquellas regiones en donde esta predisposición es alta y muy alta.

Por lo tanto, el Atlas facilita el camino para quienes tienen la responsabilidad conjunta de la planificación regional, la gestión integrada de los recursos hídricos, la gestión del riesgo de desastres y la gestión de los riesgos del cambio climático, con los demás actores sociales involucrados con el desarrollo humano sostenible de nuestra Región.

Finalmente, el uso de los Sistemas de Información Geográfica–SIG para la construcción de cada uno de los mapas contenidos en el Atlas, constituyó una herramienta valiosa para el análisis de las características socioeconómicas y biogeofísicas de la Región, incluida la espacialización de las amenazas hidroclimáticas y la vulnerabilidad, con una mirada desde el espacio, facilitando con ello los procesos de priorización de zonas de intervención y toma de decisiones.

PARTE

II

El Atlas

ELABORACIÓN:
Servicios Geoespaciales-CIIFEN.

MAPA 1.

Límites de la Región Amazónica.

FUENTE: ANA-Brasil, RAISG 2012, CIIFEN.

MAPA 2.
Límite del área de estudio.

FUENTE: ANA-Brasil, RAISG 2012, CIIFEN.

MAPA 3.

Relieve de la Región Amazónica.

FUENTE: NASA (2013), Modelo Digital de Elevación–MDT, resolución 250 m.

MAPA 4.

Clasificación taxonómica del suelo de la Región Amazónica.

FUENTE: International Soil Reference and Information Centre, ISRIC (2011). Clasificación taxonómica del suelo. (https://www.isric.org/).

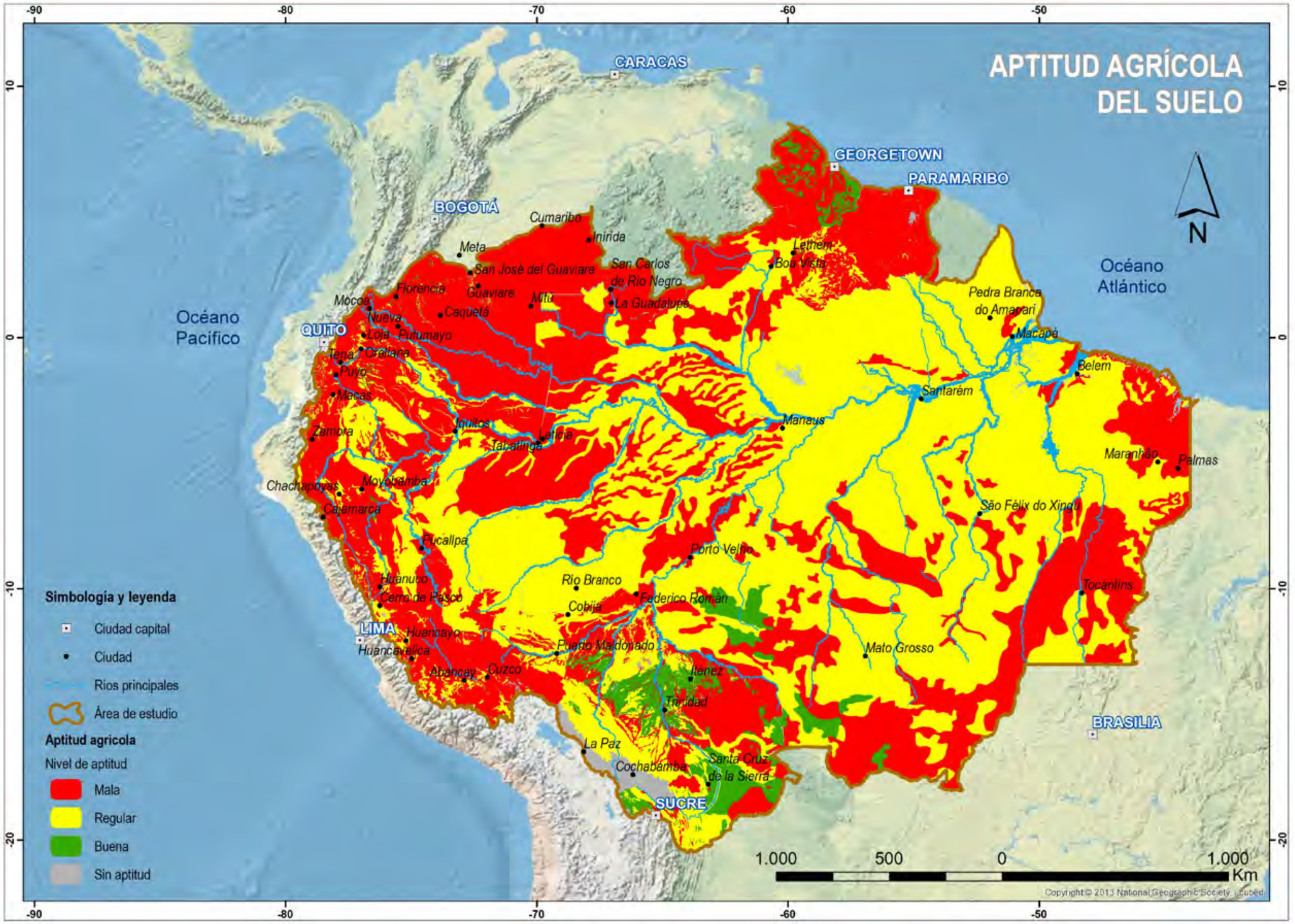
MAPA 5.

Textura del suelo de la Región Amazónica.

FUENTE: Batjes (2010). Clasificación regional de la textura del suelo.

MAPA 6.

Aptitud agrícola del suelo de la Región Amazónica.

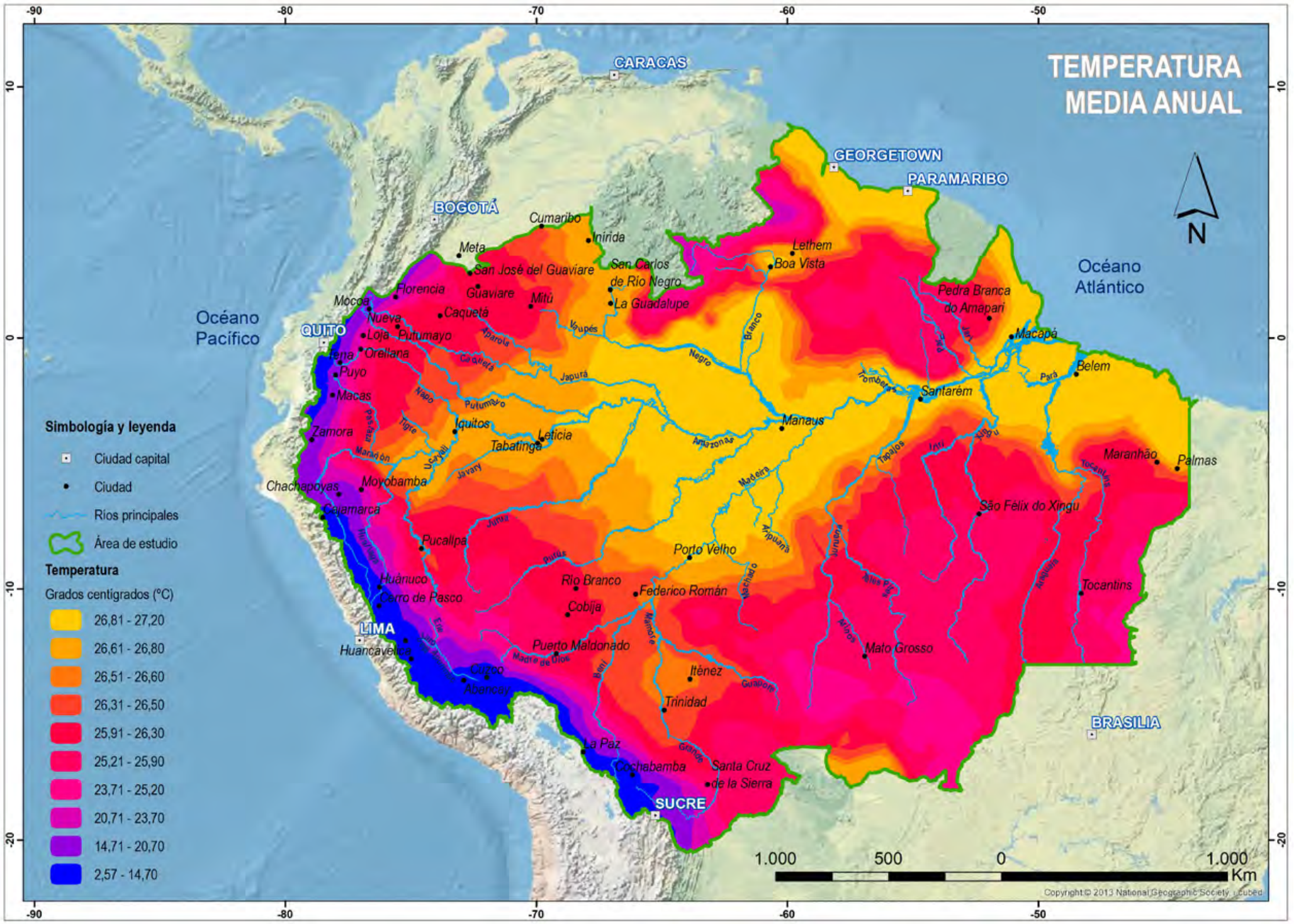


FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA[1] sobre aptitud agrícola de los suelos.

(1) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Instituto Geográfico Militar (http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 7.

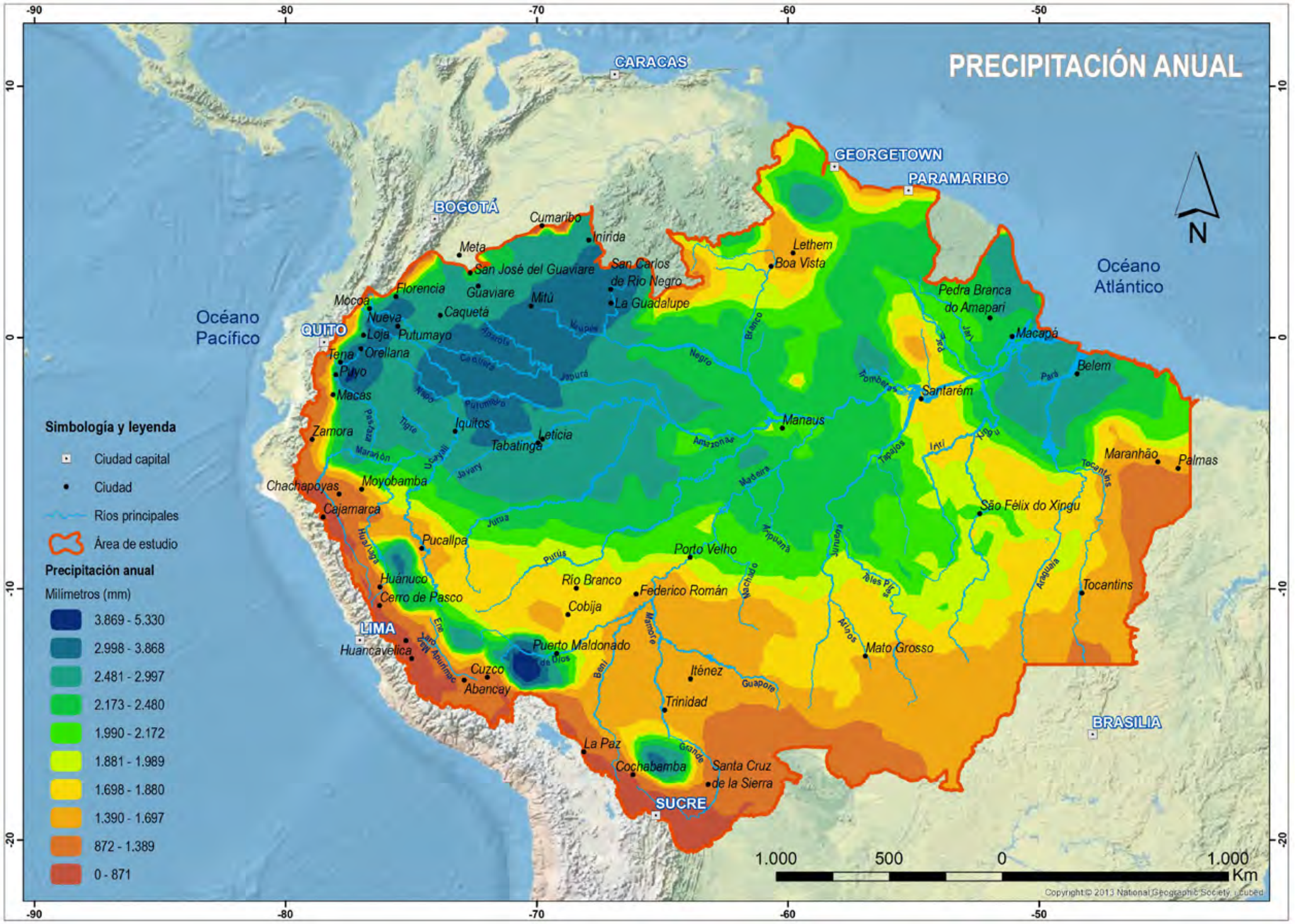
Temperatura media anual en la Región Amazónica.



FUENTE: Archivos de datos climáticos del CIIFEN y de la NASA, (2013).

MAPA 8.

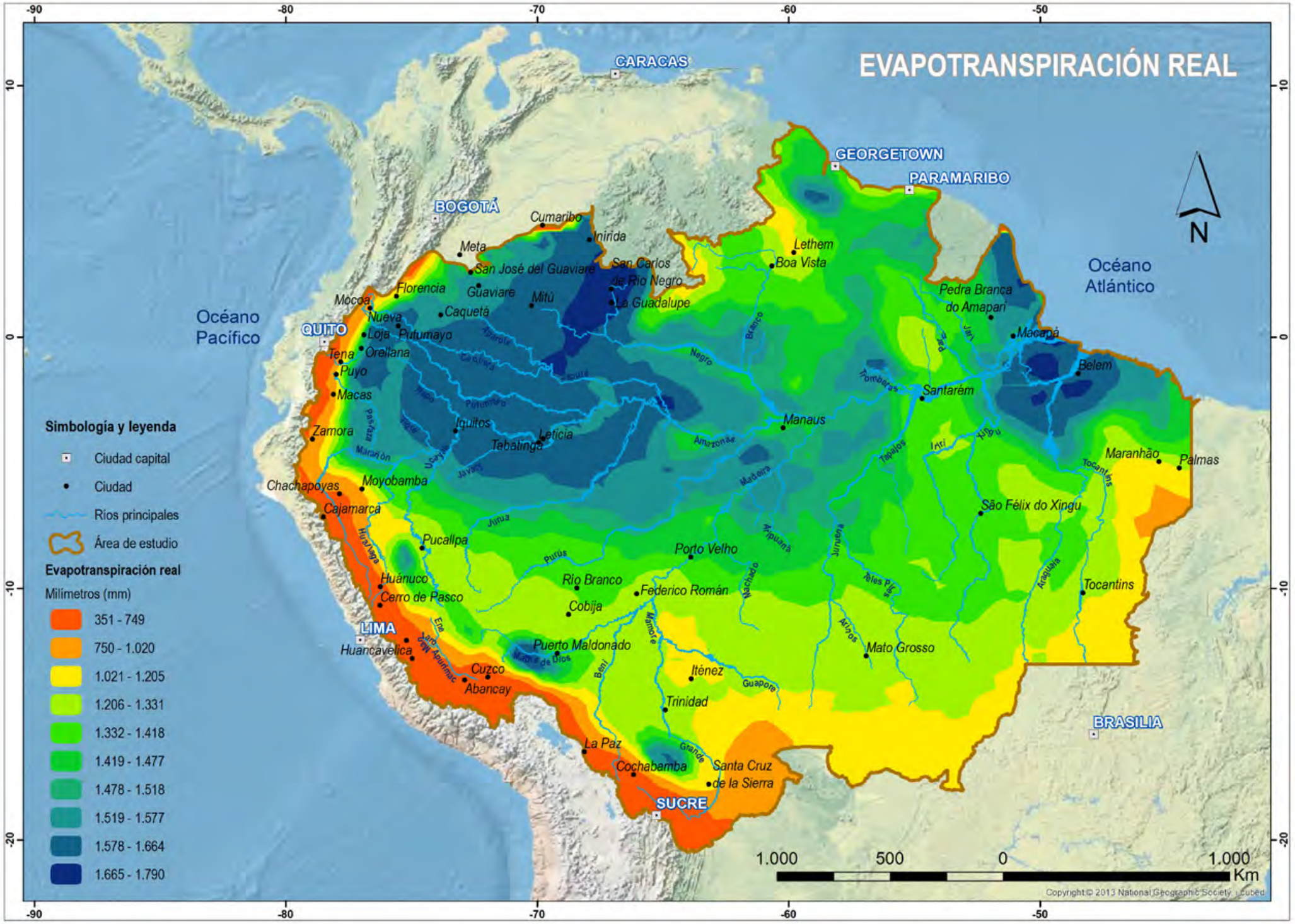
Precipitación anual en la Región Amazónica.



FUENTE: Archivos de datos climáticos del CIIFEN y de la TRMM-NASA.

MAPA 9.

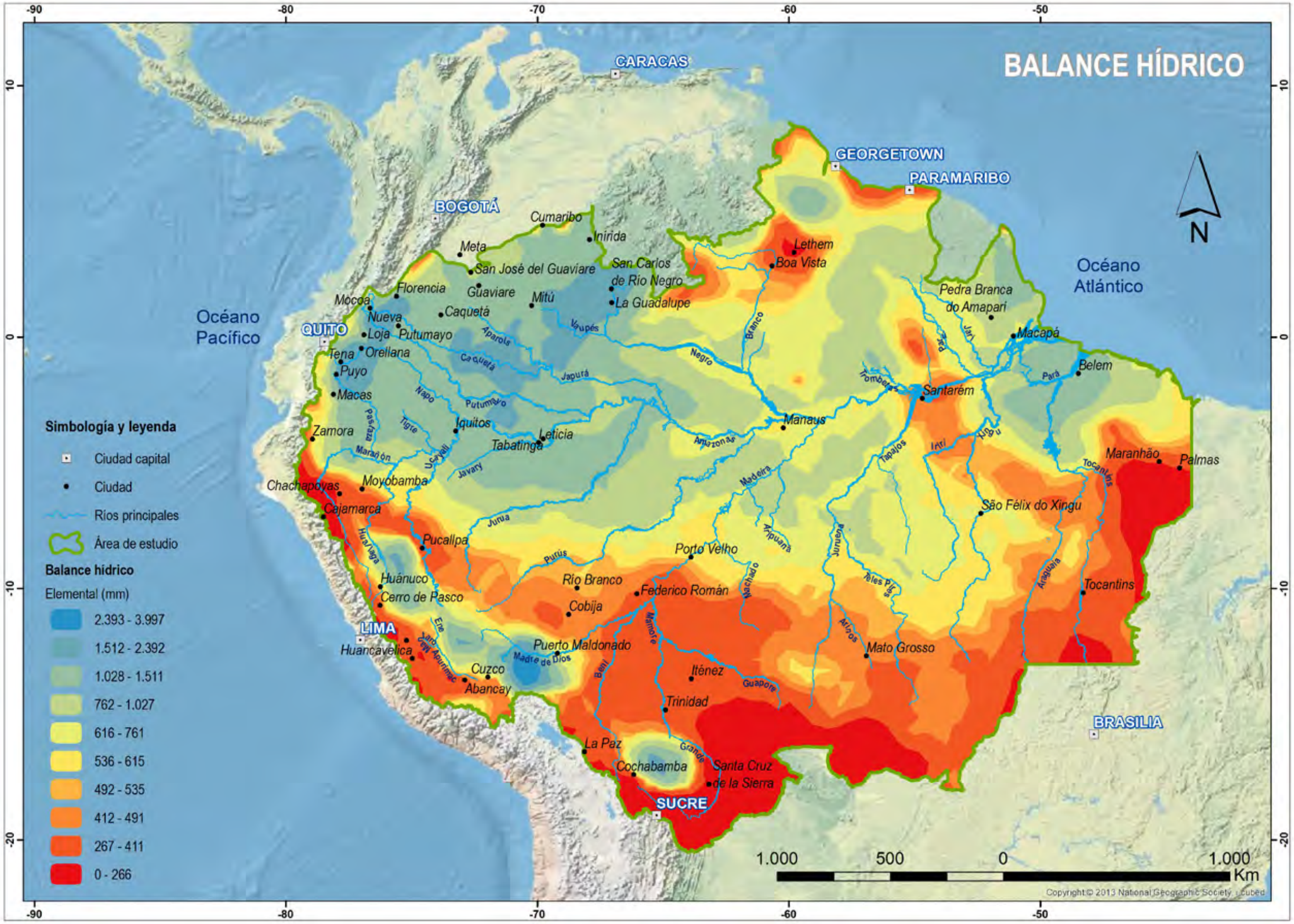
Evapotranspiración Real de la Región Amazónica.



FUENTE: Según ecuación de la Evapotranspiración Real de Turc, archivos de datos climáticos del CIIFEN y de la NASA-TRMM.

MAPA 10.

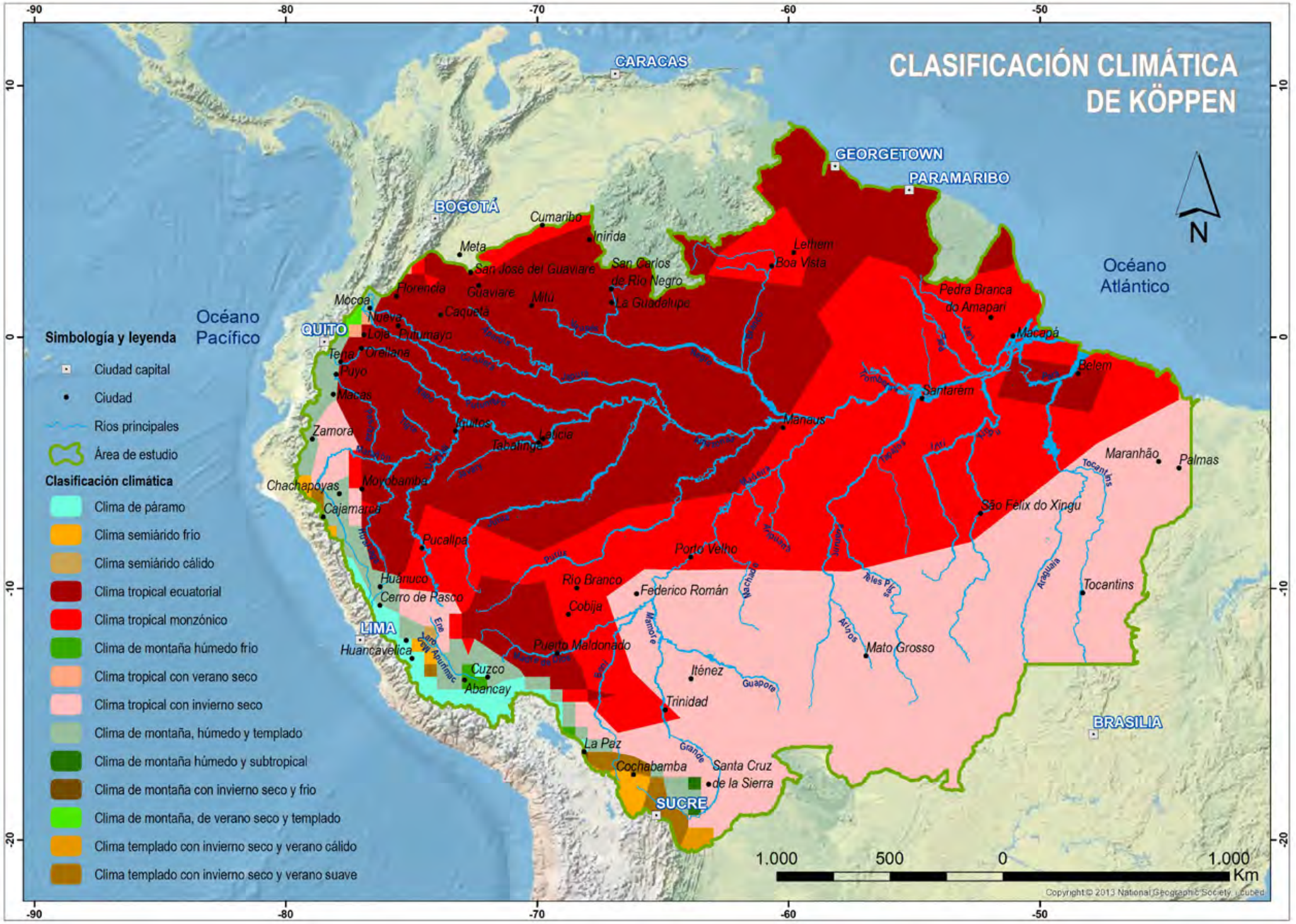
Balance hídrico de la Región Amazónica.



FUENTE: Según la ecuación general del Balance hídrico elemental sugerida por UNESCO, 1981 & UNESCO, 2006. Archivos de datos climáticos del CIIFEN.

MAPA 11.

Clasificación climática de Köppen para la Región Amazónica.



FUENTE: Kottek et al. (2006).

MAPA 12.

Tipo de vegetación de la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA.[2]

(2) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 13.

Ecorregiones de la Región Amazónica.

FUENTE: PNUMA y CATHALAC (2010); Olson et al. (2001).

MAPA 14.

Red hídrica principal de la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA.[3]

(3) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Instituto Geográfico Militar (http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 15.

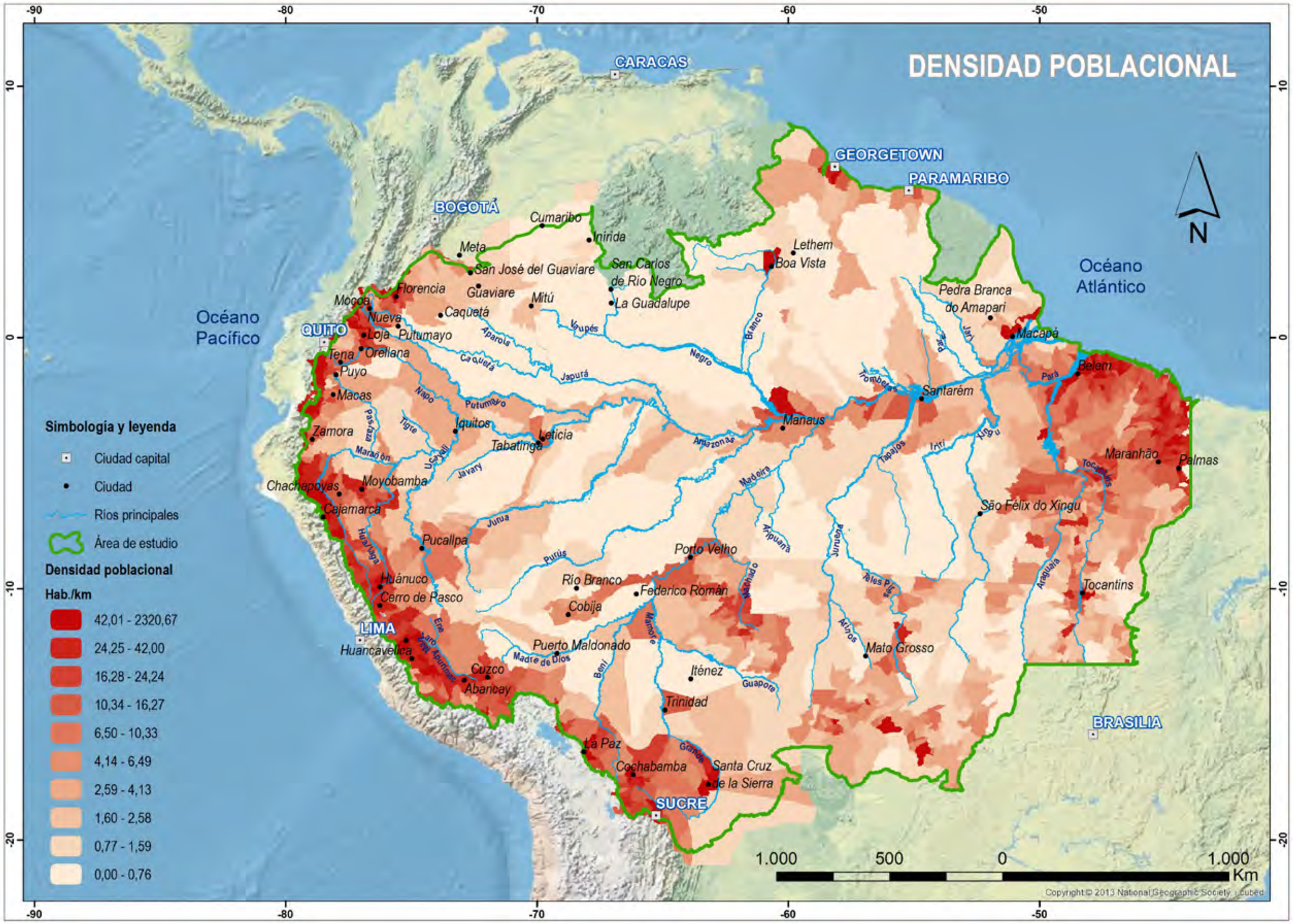
Unidades hidrográficas Nivel 4 de la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA.[4]

(4) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Secretaría del Agua (https://aplicaciones.senagua.gob.ec/servicios/descargas/). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 16.

Densidad poblacional en la Región Amazónica.



FUENTE: Información de los Censos de Población y Vivienda publicada por los Institutos de estadística de cada País Miembro de la OTCA.[5]

(5) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Surinam: Algemeen Bureau voor de Statistiek in Suriname, Censo de población y vivienda 2012; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

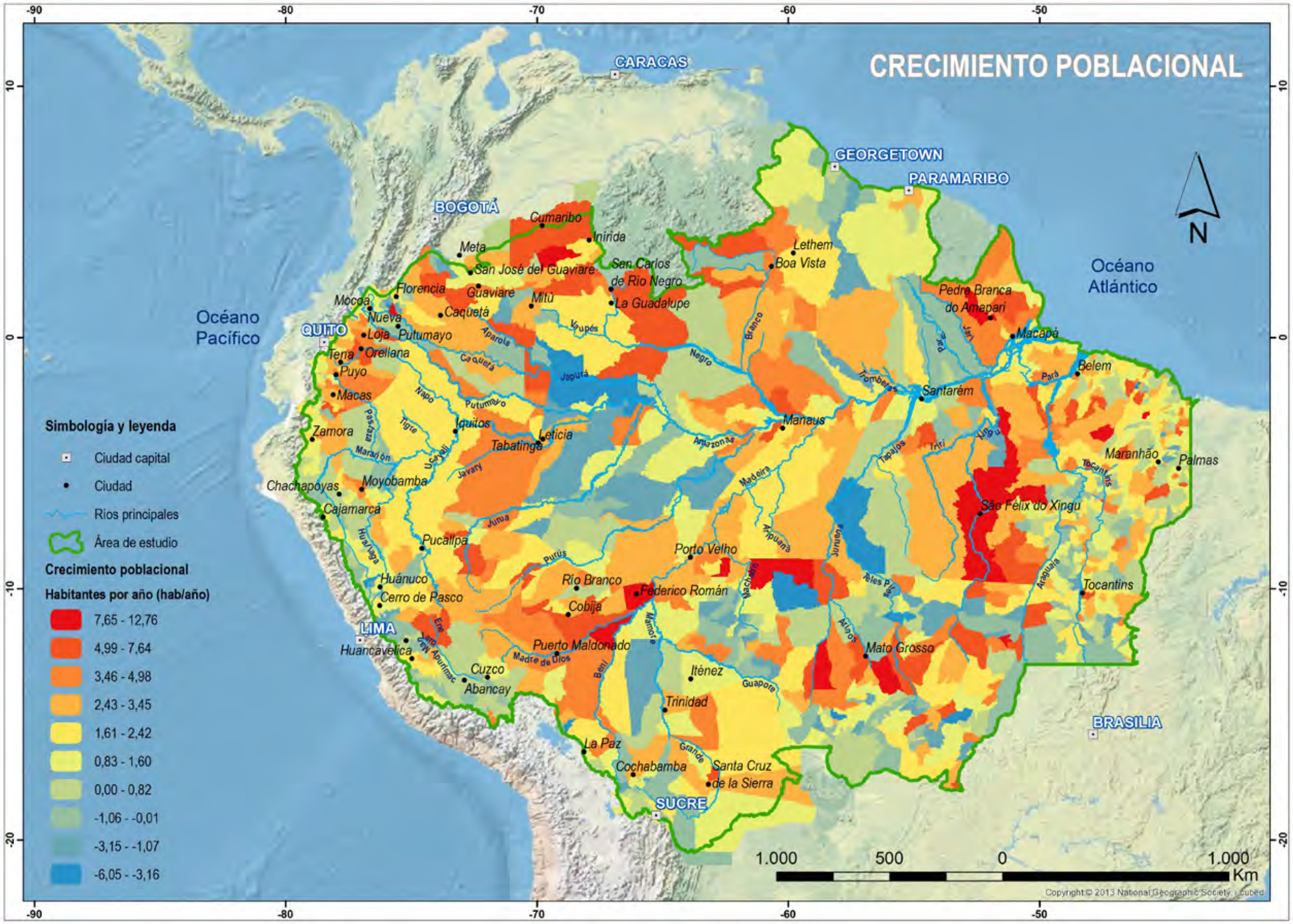
MAPA 17.

Territorios indígenas de la Región Amazónica.

FUENTE: RAISG (2012).

MAPA 18.

Crecimiento poblacional en la Región Amazónica.



FUENTE: Información de los Censos de Población y Vivienda publicada por los Institutos de estadística de cada País Miembro de la OTCA.[6]

(6) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Surinam: Algemeen Bureau voor de Statistiek in Suriname, Censo de población y vivienda 2012; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 19.

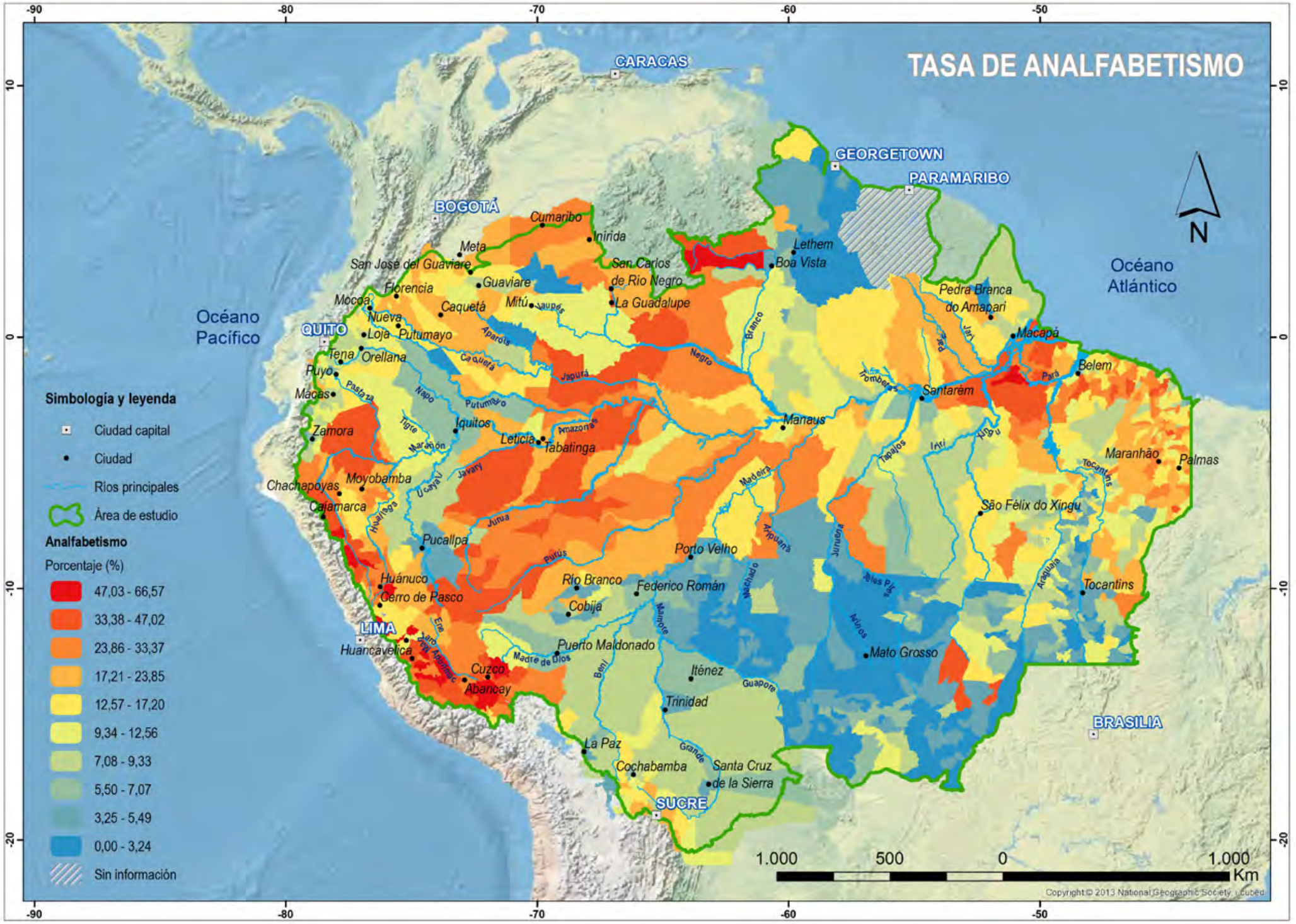
Índice de dependencia por edad en la Región Amazónica.

FUENTE: Información de grupos de edad de los Censos de Población y Vivienda publicada por los Institutos de estadística de cada País Miembro de la OTCA.[7]

(7) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Surinam: Algemeen Bureau voor de Statistiek in Suriname, Censo de población y vivienda 2012; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 20.

Tasa de analfabetismo en la Región Amazónica.

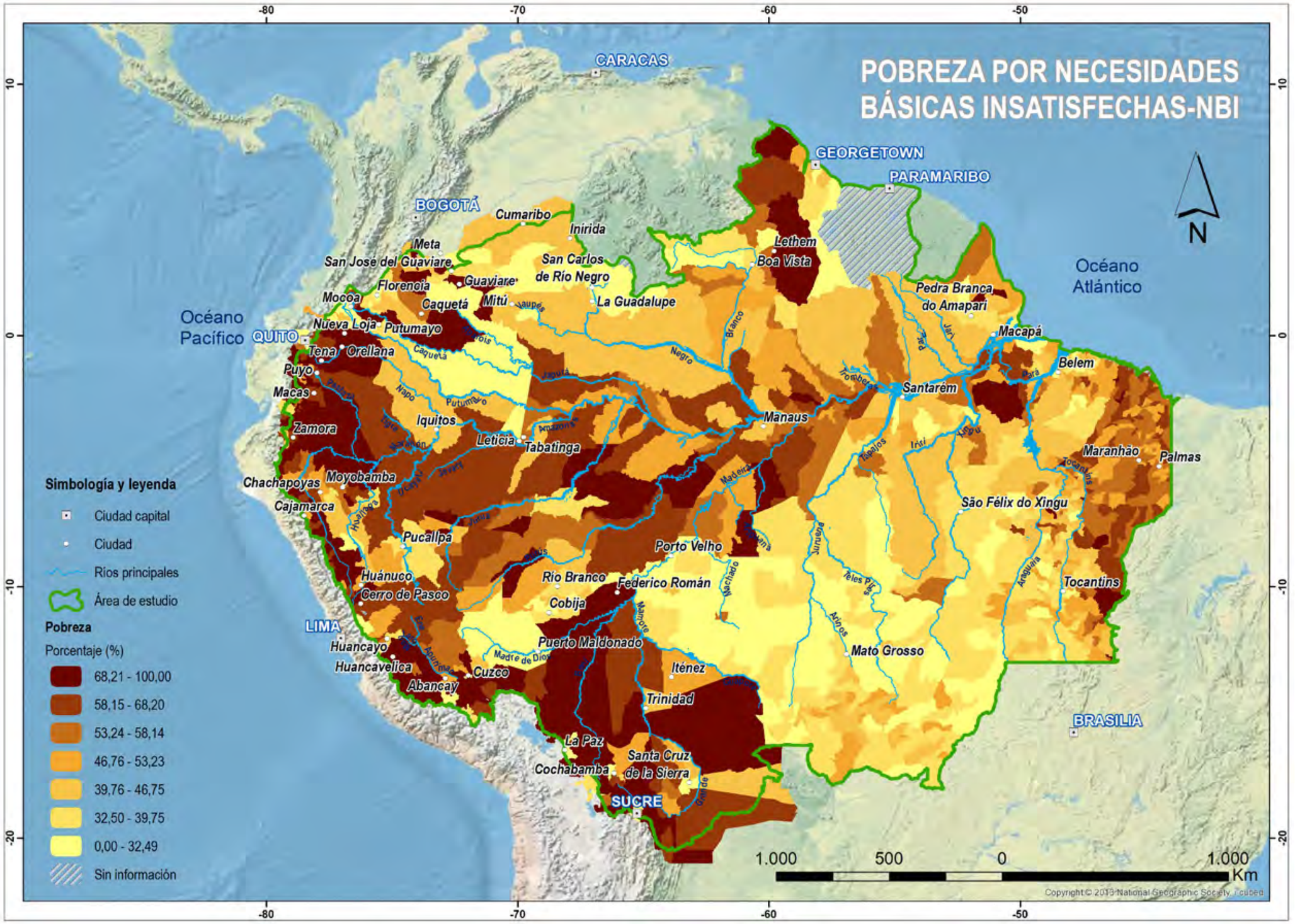


FUENTE: Información de personas que no saben leer ni escribir en su idioma oficial, consultada en los Censos de Población y Vivienda de cada País Miembro de la OTCA.[8]

(8) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 21.

Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en la Región Amazónica.



FUENTE: Información de porcentaje de personas con limitaciones en el acceso a bienes y servicios para la satisfacción de las necesidades básicas, consultada en los Censos de Población y Vivienda publicada por los Institutos de estadística de cada País Miembro de la OTCA.[9]

(9) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 22.

Áreas agropecuarias en la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de los Puntos Focales de la OTCA.[10]

(10) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información, (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 23.

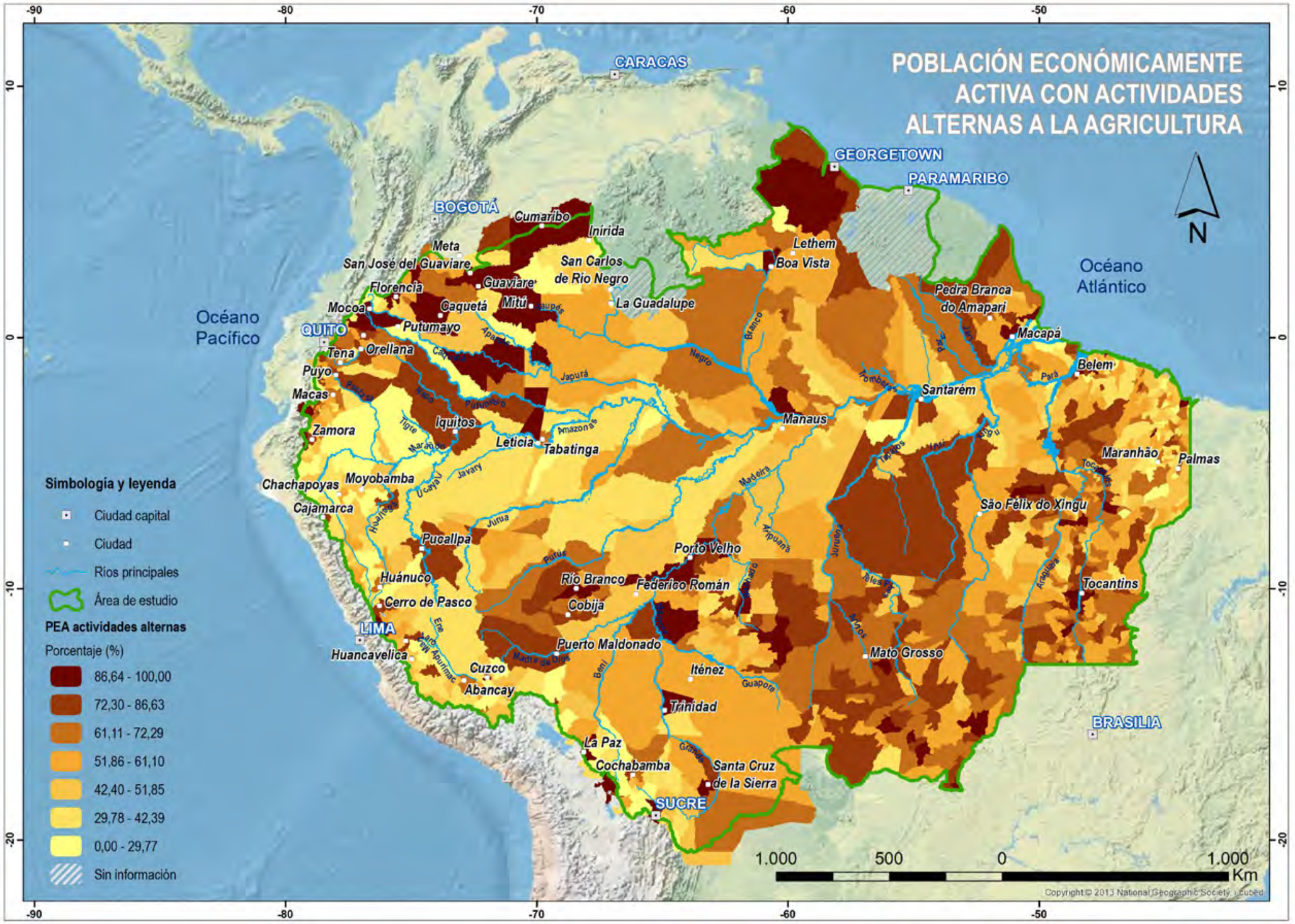
Población económicamente activa con dedicación agropecuaria en la Región Amazónica.

FUENTE: Información sobre población económicamente activa según su rama de actividad económica, consultada en los Censos de Población y Vivienda de los Institutos de estadística de cada País Miembro de la OTCA.[11]

(11) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 24.

Población económicamente activa con actividades alternas a la agricultura en la Región Amazónica.

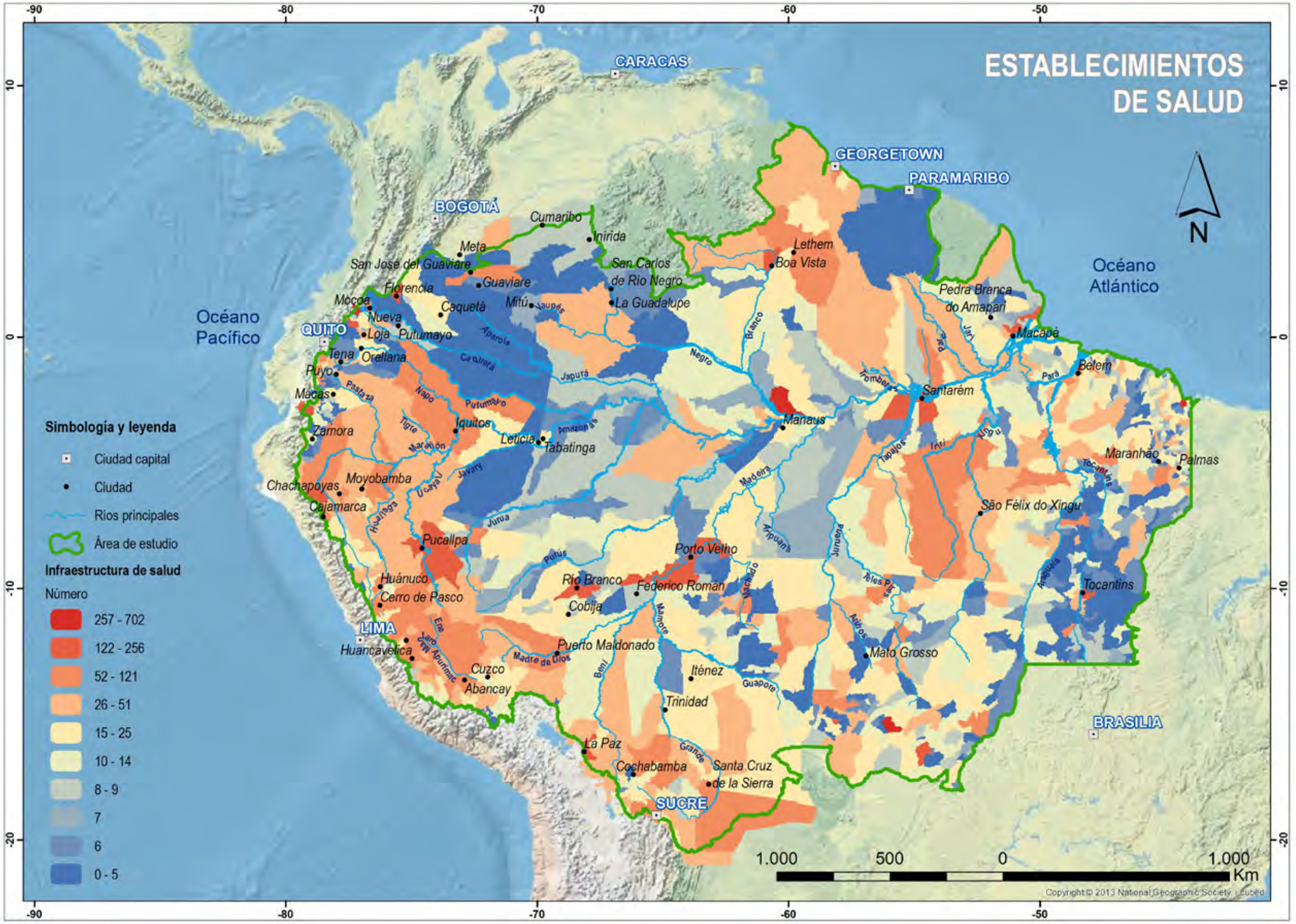


FUENTE: Información sobre población económicamente activa según su rama de actividad económica, consultada en los Censos de Población y Vivienda de los Institutos de estadística de cada País Miembro de la OTCA.[12]

(12) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 25.

Distribución de los establecimientos de salud en la Región Amazónica.

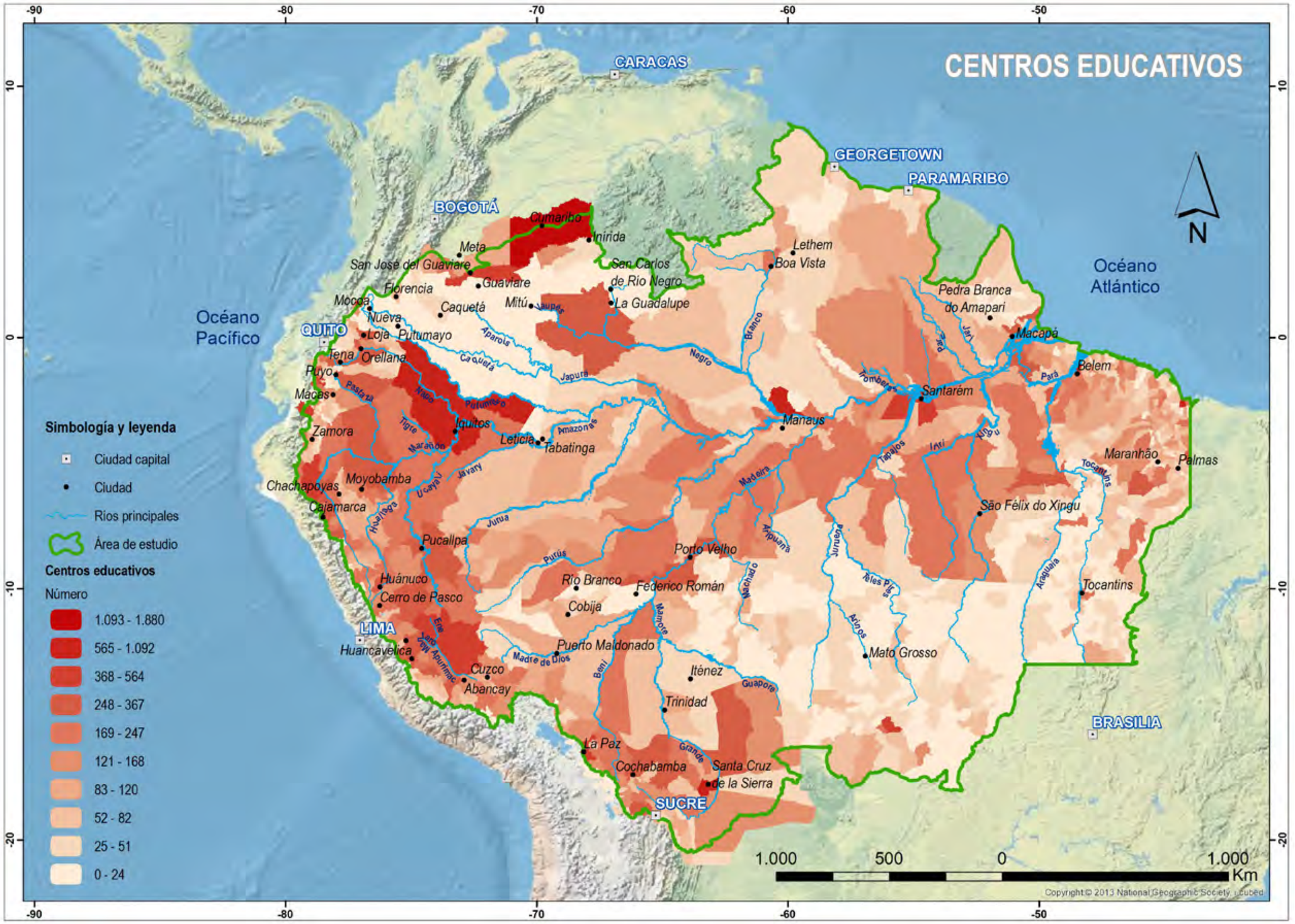


FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[13]

(13) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 26.

Distribución de centros educativos en la Región Amazónica.



FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[14]

(14) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 27.

Red de carreteras principales de la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[15]

(15) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Instituto Geográfico Militar (http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

MAPA 28.

Red de carreteras secundarias de la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[16]

(16) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Instituto Geográfico Militar (http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

MAPA 29.

Red de hidrovías de la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[17]

(17) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/)
Ecuador: Instituto Geográfico Militar (http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

MAPA 30.

Eje vial multimodal Manta-Manaos.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[18]

(18) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/)
Ecuador: Ministerio de Transporte y Obras Públicas del Ecuador; Instituto Geográfico Militar (https://www.obraspublicas.gob.ec/ & http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

MAPA 31.

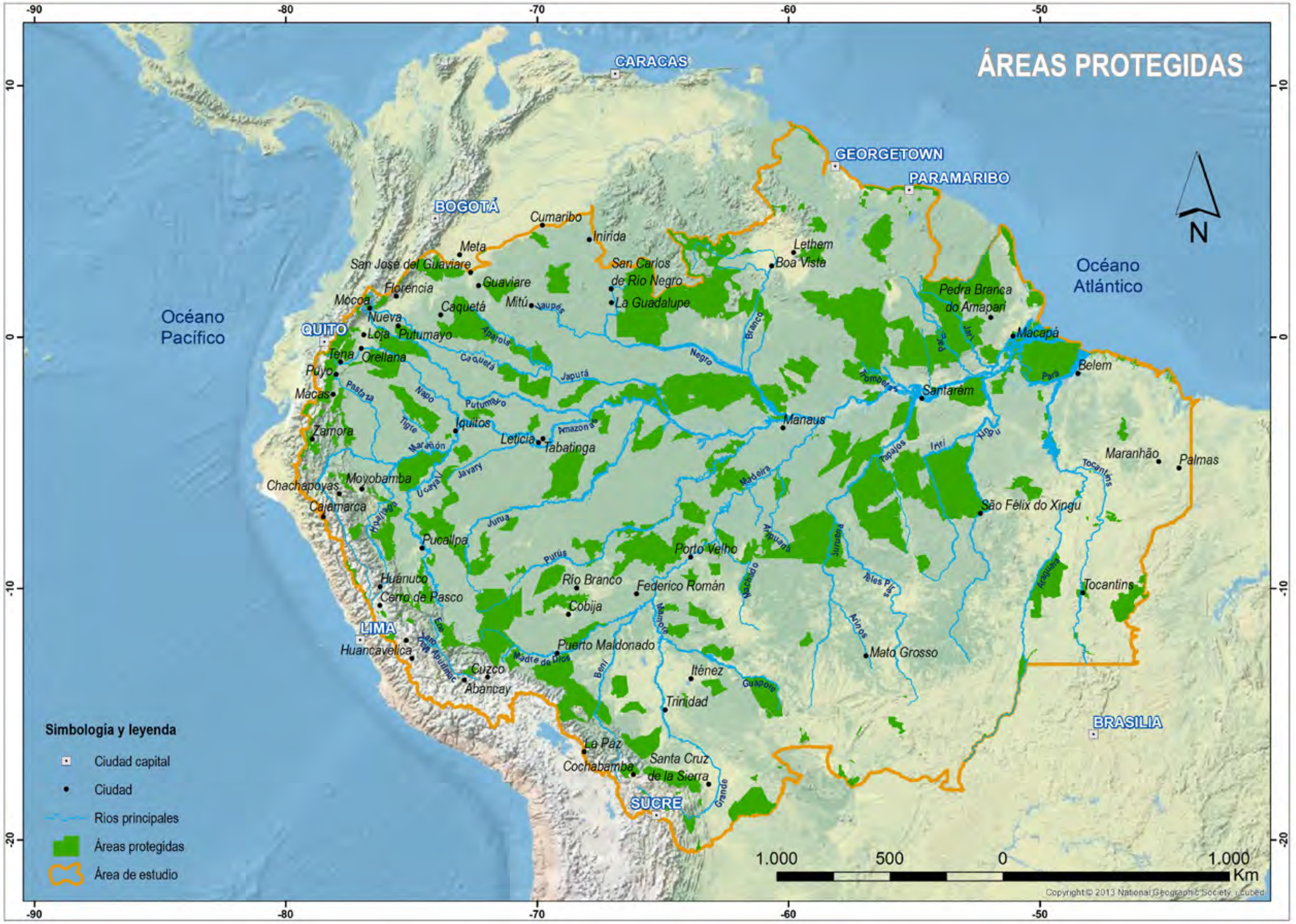
Infraestructura eléctrica de la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[19]

(19) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana y Perú. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/). Ecuador: Instituto Geográfico Militar (http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

MAPA 32.

Distribución de las Áreas Protegidas en la Región Amazónica.

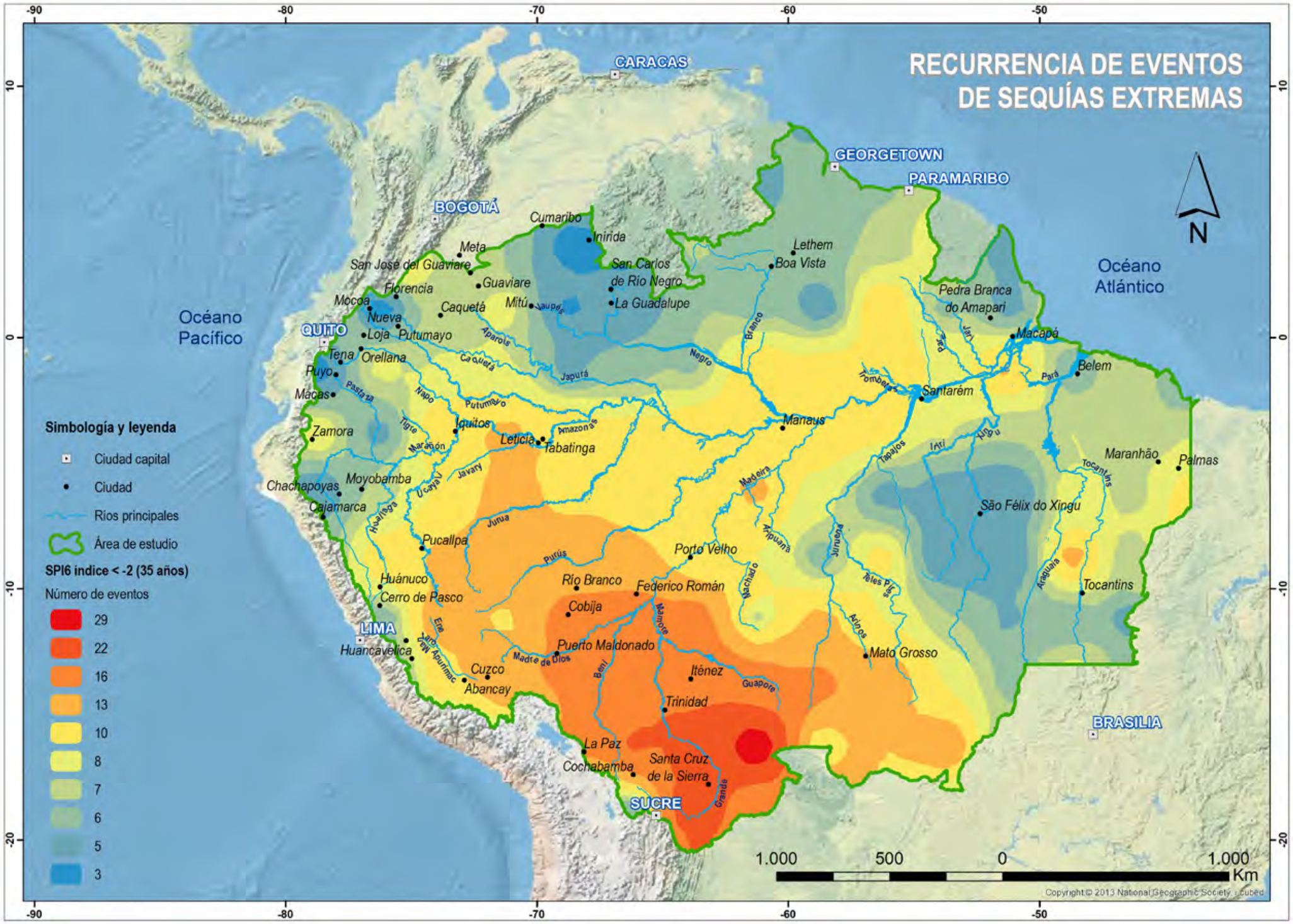


FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[20]

(20) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Instituto Geográfico Militar (http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

MAPA 33.

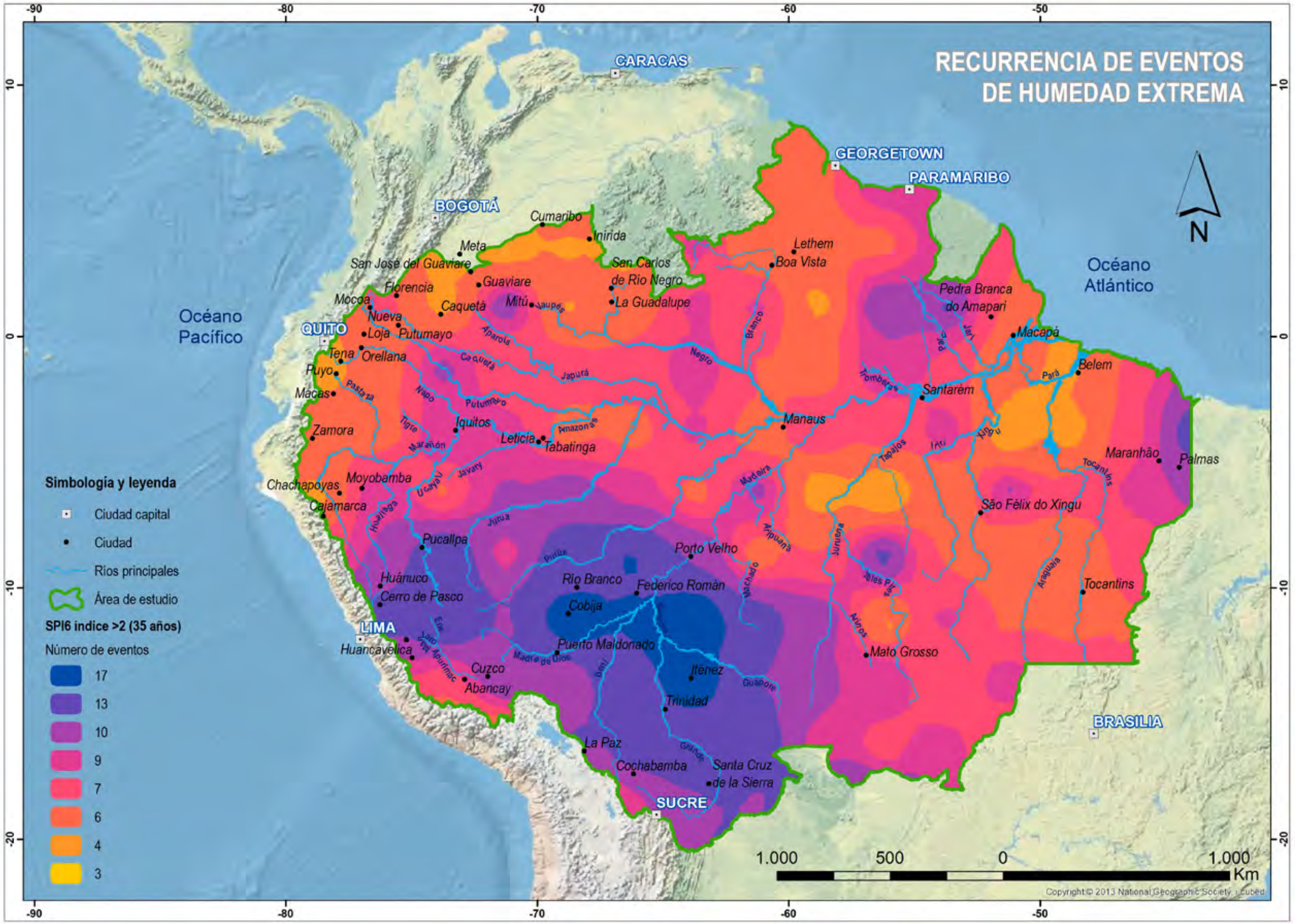
Recurrencia de eventos de sequías extremas en la Región Amazónica.



FUENTE: Índice Estandarizado de Precipitación de 6 meses. Análisis de la frecuencia de eventos con un índice menor a -2 (extrema sequía) para un periodo de 35 años. IRI (2014) Climate Anomaly Monitoring System– Outgoing longwave radiation Precipitation Index. Disponible en: http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP/.CPC/.CAMS_OPI/.v0208_old/gauge+.count/index.html

MAPA 34.

Recurrencia de eventos de humedad extrema en la Región Amazónica.



FUENTE: Índice Estandarizado de Precipitación de 6 meses. Análisis de la frecuencia de eventos con un índice mayor a 2 (extrema humedad) para un periodo de 35 años. IRI (2014) Climate Anomaly Monitoring System– Outgoing longwave radiation Precipitation Index. Disponible en: http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP/.CPC/.CAMS_OPI/.v0208_old/gauge+.count/index.html

MAPA 35.

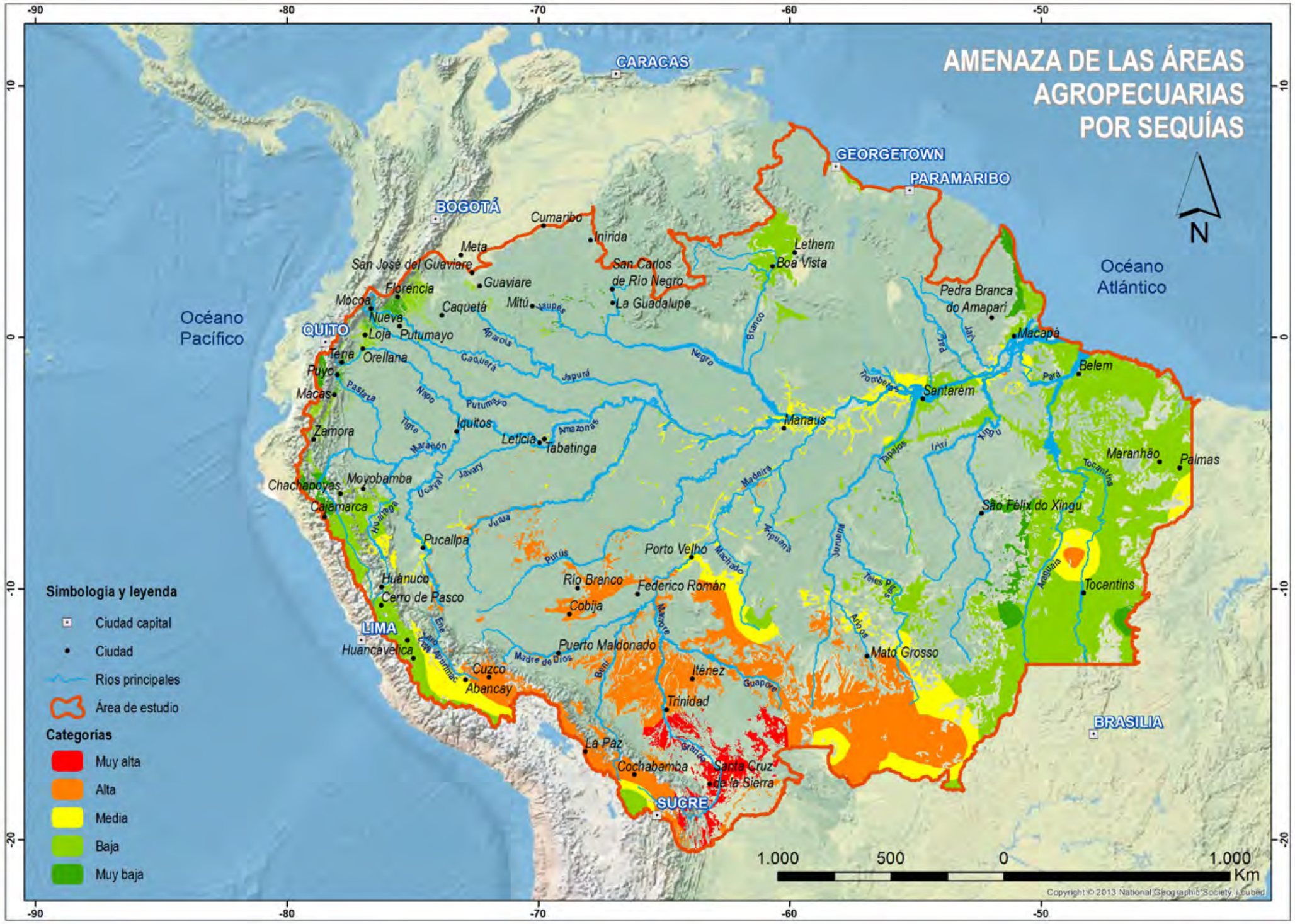
Localización de las zonas inundables en la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[21]

(21) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 36.

Amenaza de las áreas agropecuarias por sequías en la Región Amazónica.

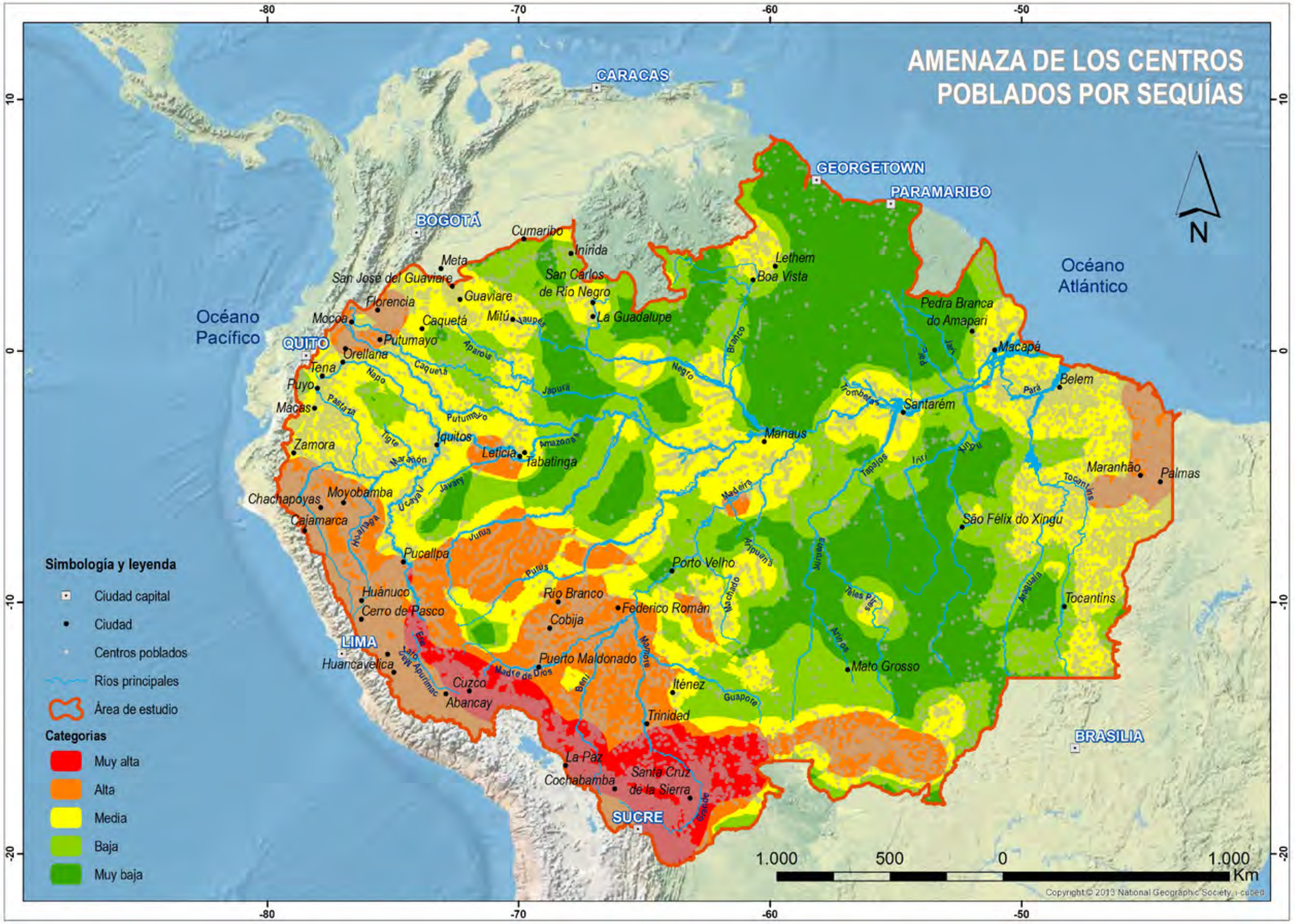


FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[22]

(22) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 37.

Amenaza de los centros poblados por sequías en la Región Amazónica.



FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[23]

(23) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI); Instituto Geográfico Militar (https://sni.gob.ec/inicio & http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 38.

Amenaza de las áreas agropecuarias por inundaciones en la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[24]

(24) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Portal web de Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI); Instituto Geográfico Militar (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 39.

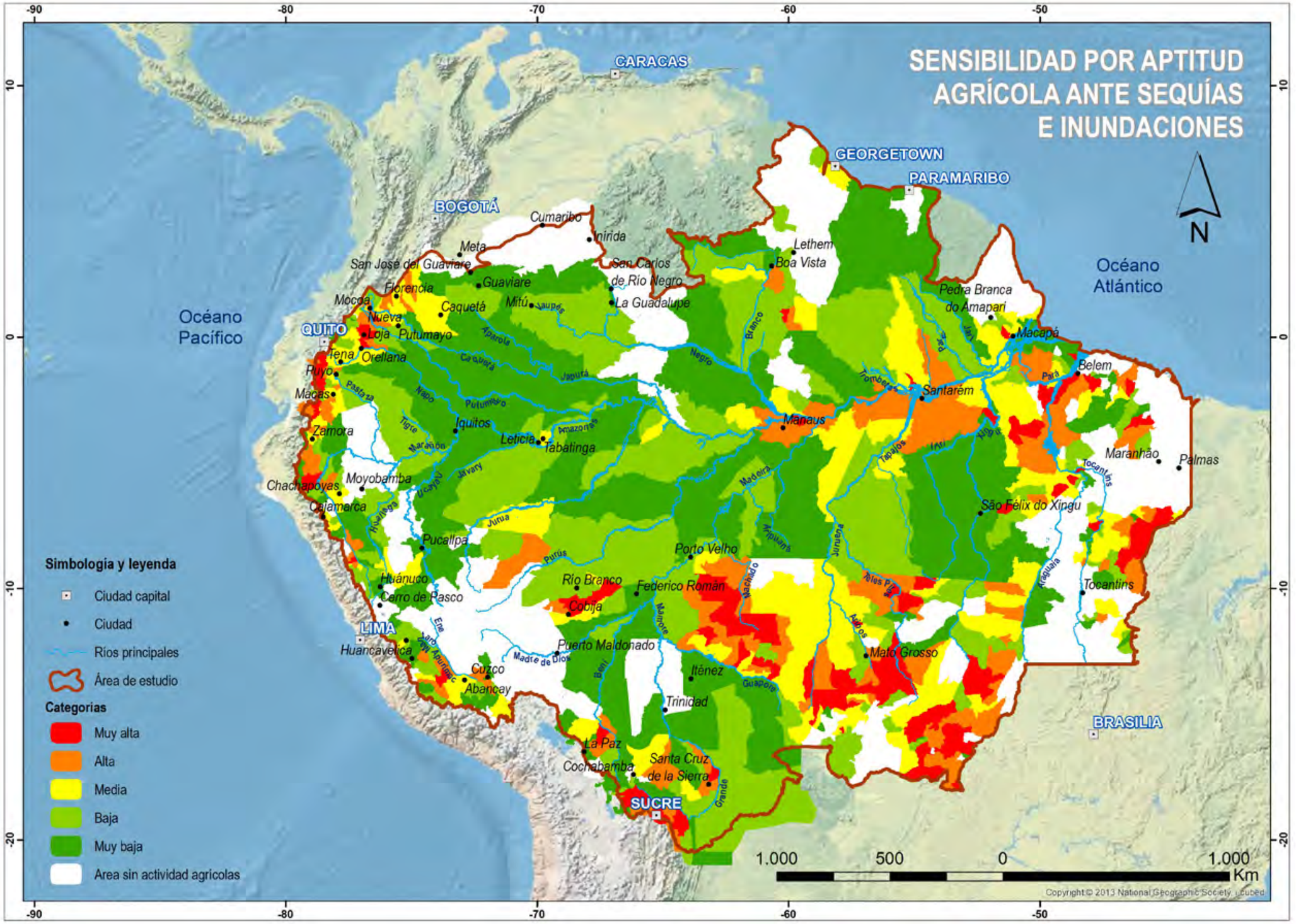
Amenaza de los centros poblados por inundaciones en la Región Amazónica.

FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[25]

(25) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI); Instituto Geográfico Militar (https://sni.gob.ec/inicio & http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 40.

Sensibilidad por aptitud agrícola ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica.

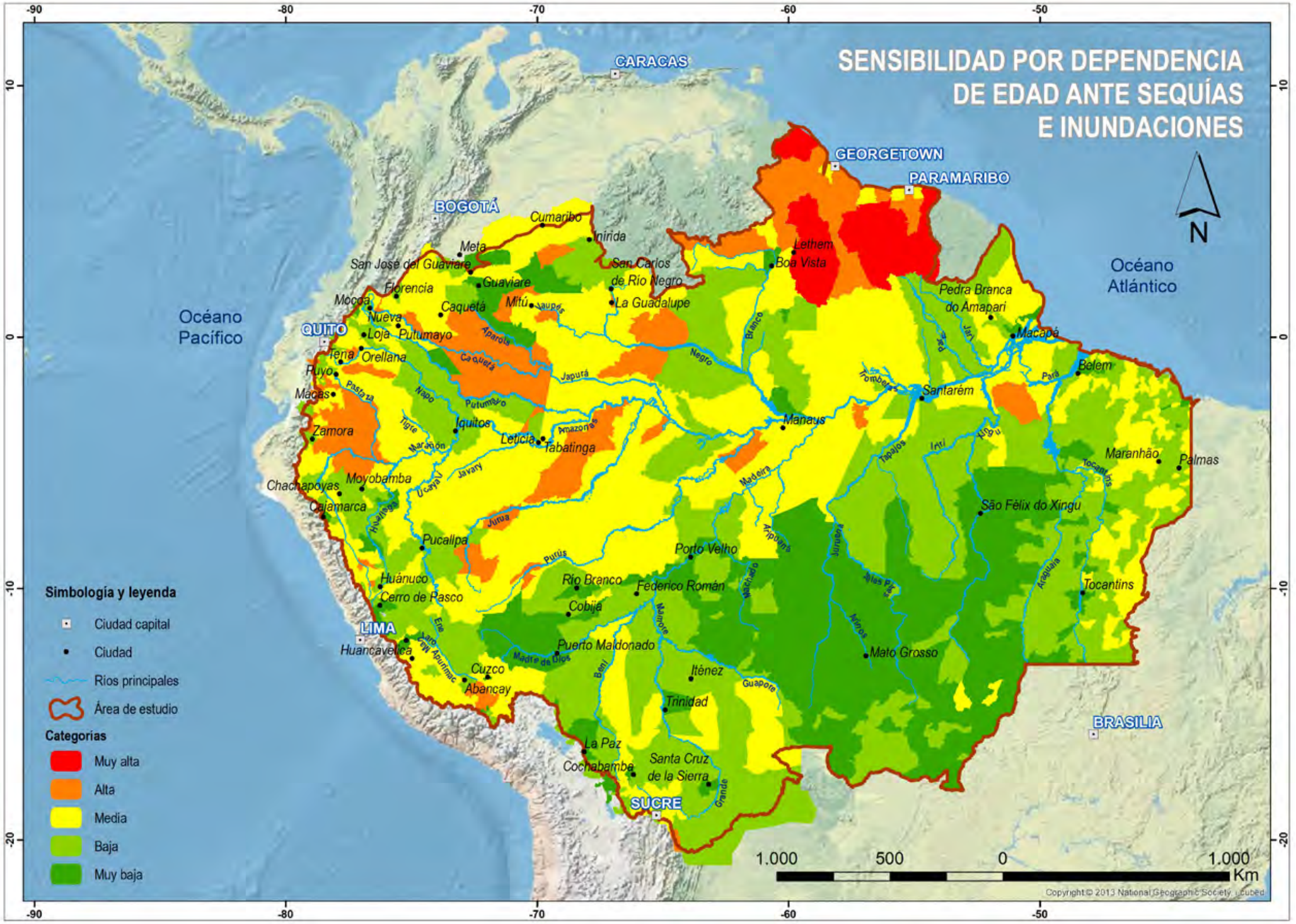


FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[26]

(26) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI); Instituto Geográfico Militar (https://sni.gob.ec/inicio); Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 41.

Sensibilidad por dependencia de edad ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica.

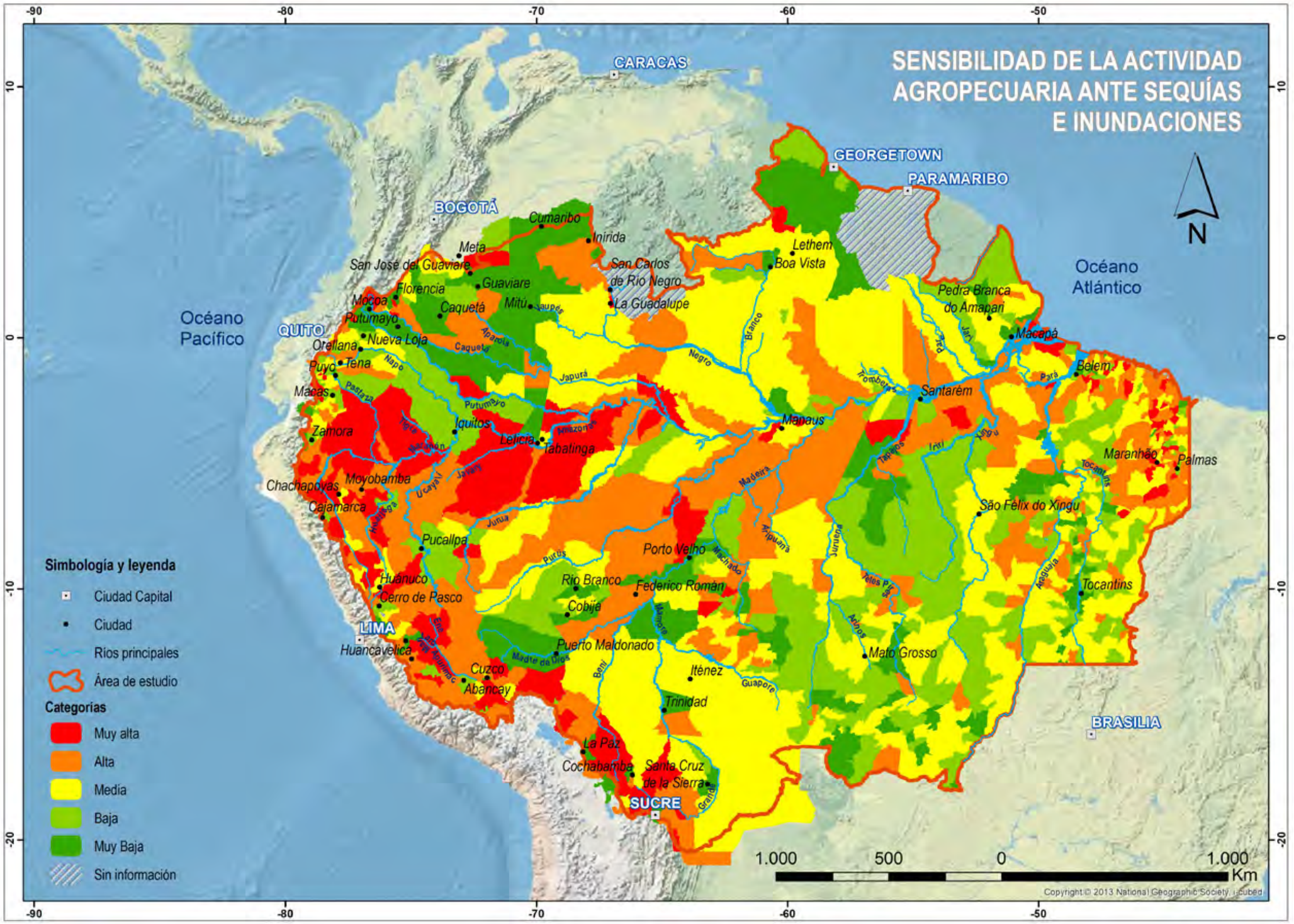


FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de información de grupos de edad consultada en los Censos de Población y Vivienda de los Institutos de estadística de cada País Miembro de la OTCA.[27]

(27) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Surinam: Algemeen Bureau voor de Statistiek in Suriname, Censo de población y vivienda 2012; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 42.

Sensibilidad de la actividad agropecuaria ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica.

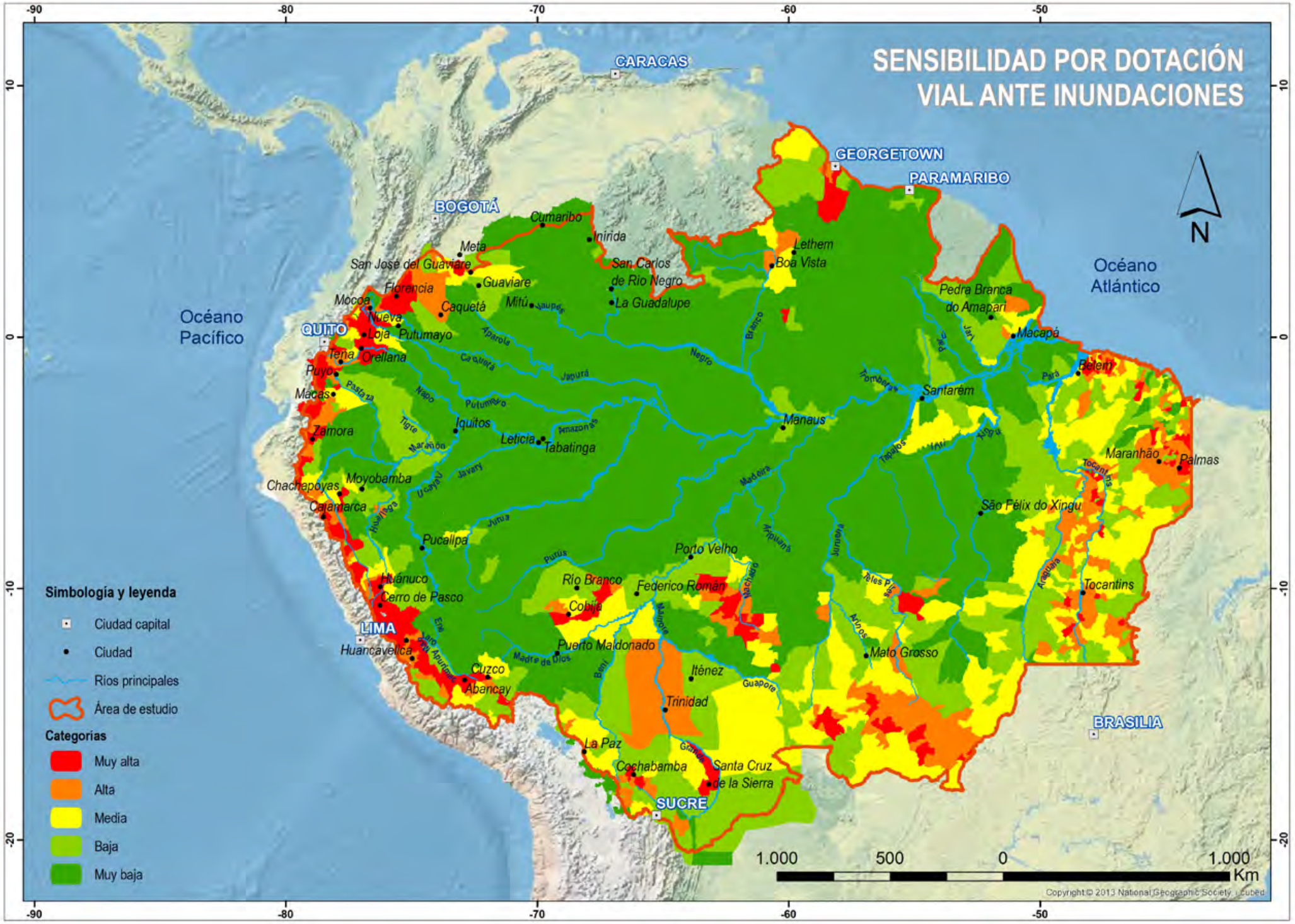


FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de información de población económicamente activa según su rama de actividad económica, consultada en los Censos de Población y Vivienda de los Institutos de estadística de cada País Miembro de la OTCA.[28]

(28) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 43.

Sensibilidad por dotación vial ante inundaciones en la Región Amazónica.

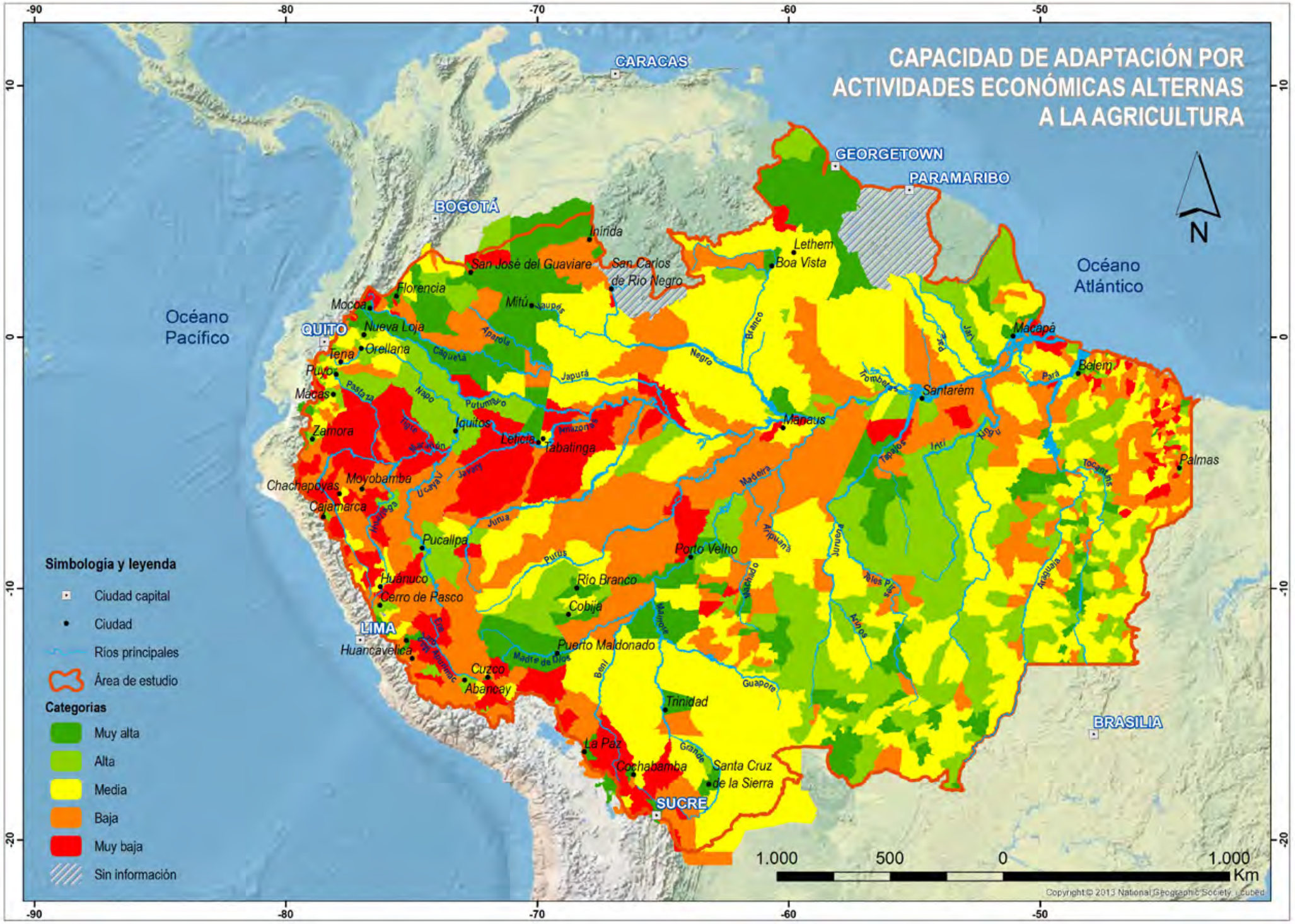


FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de la información de red vial principal y secundaria consultada a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[29]

(29) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/). Ecuador: Instituto Geográfico Militar (http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve).

MAPA 44.

Capacidad de adaptación socioeconómica ante inundaciones y sequías por actividades económicas alternas a la agricultura en la Región Amazónica.

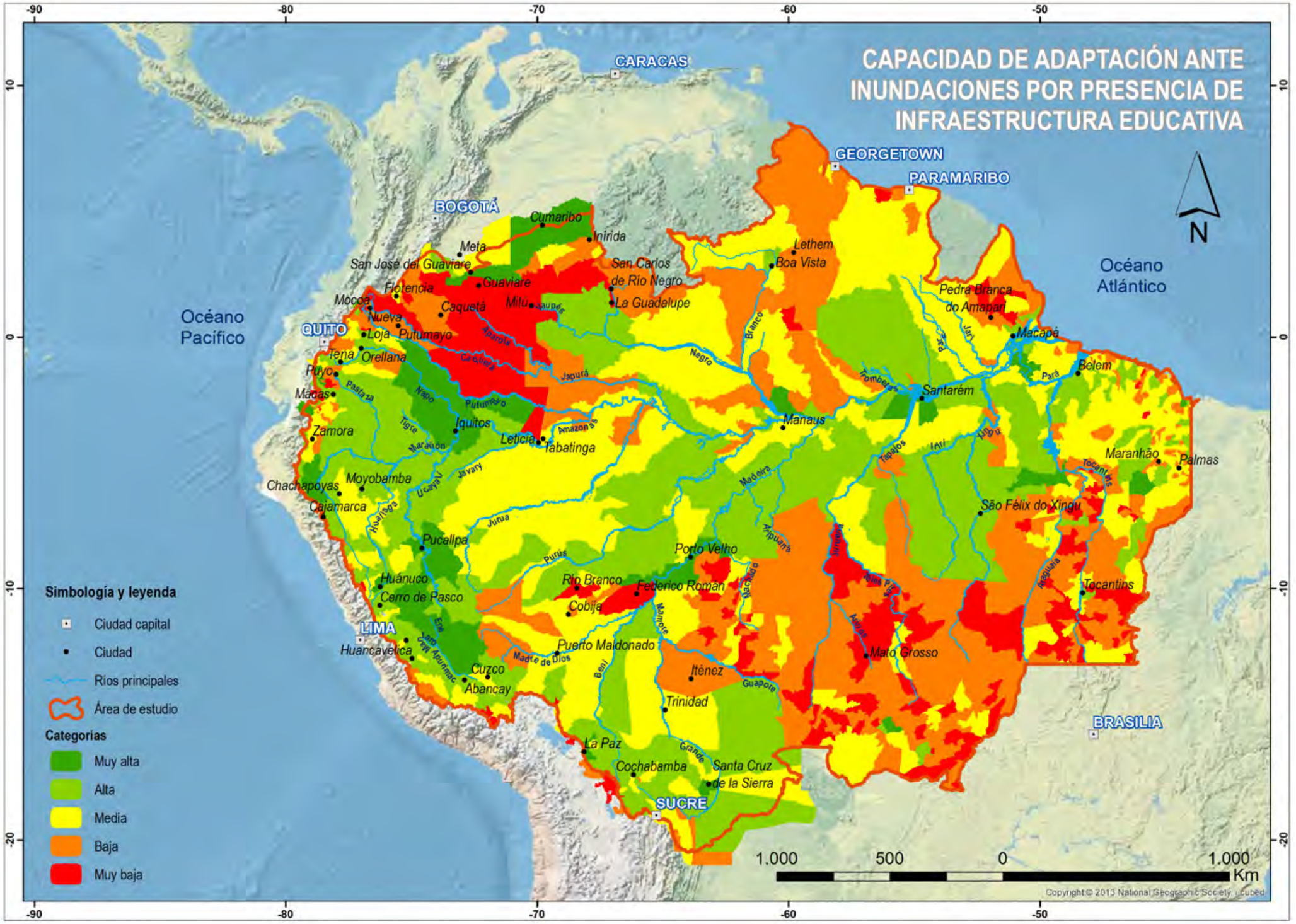


FUENTE: Indicador de capacidad de adaptación elaborado a partir de información de población económicamente activa según su rama de actividad económica, consultada en los Censos de Población y Vivienda de los Institutos de estadística de cada país.[30]

(30) Bolivia: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2012; Brasil: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Censo de población y vivienda 2010; Colombia: Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE), Censo de población y vivienda 2005; Ecuador: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC), Censo de población y vivienda 2012; Guyana: Bureau of Statistics-Guyana, Censo de población y vivienda 2012; Perú: Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI), Censo de población y vivienda 2007; Venezuela: Instituto Nacional de Estadística (INE), Censo de población y vivienda 2011.

MAPA 45.

Capacidad de adaptación socioeconómica ante inundaciones por presencia de infraestructura educativa de la Región Amazónica.

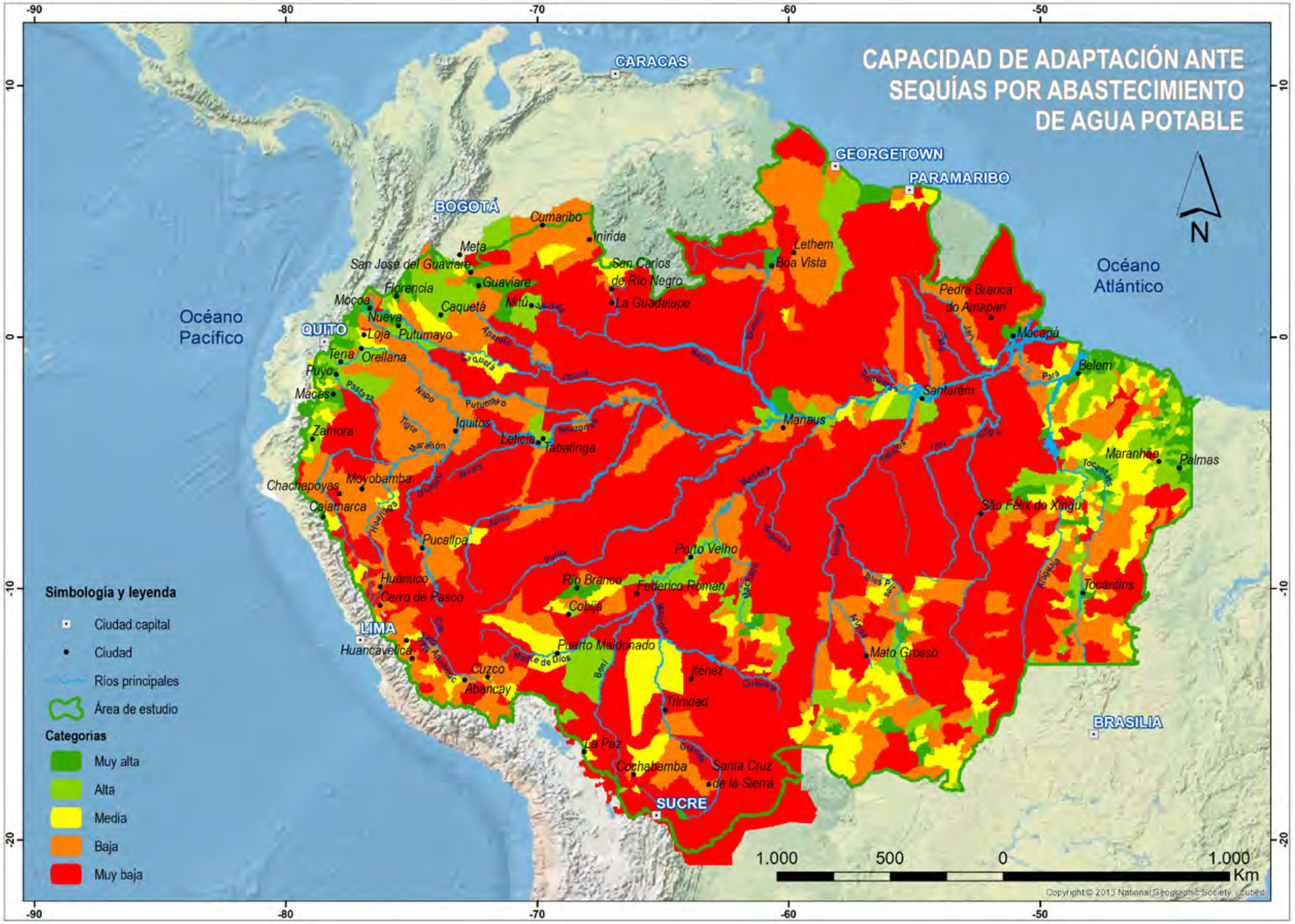


FUENTE: Compilación de información espacial a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[31]

(31) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI); (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 46.

Capacidad de adaptación socioeconómica ante sequías por abastecimiento de agua potable en la Región Amazónica.



FUENTE: Indicador elaborado a partir de la información de acceso a la red de agua potable consultada en los Censos de Población y Vivienda de los Institutos de estadística de cada país.[32]

(32) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

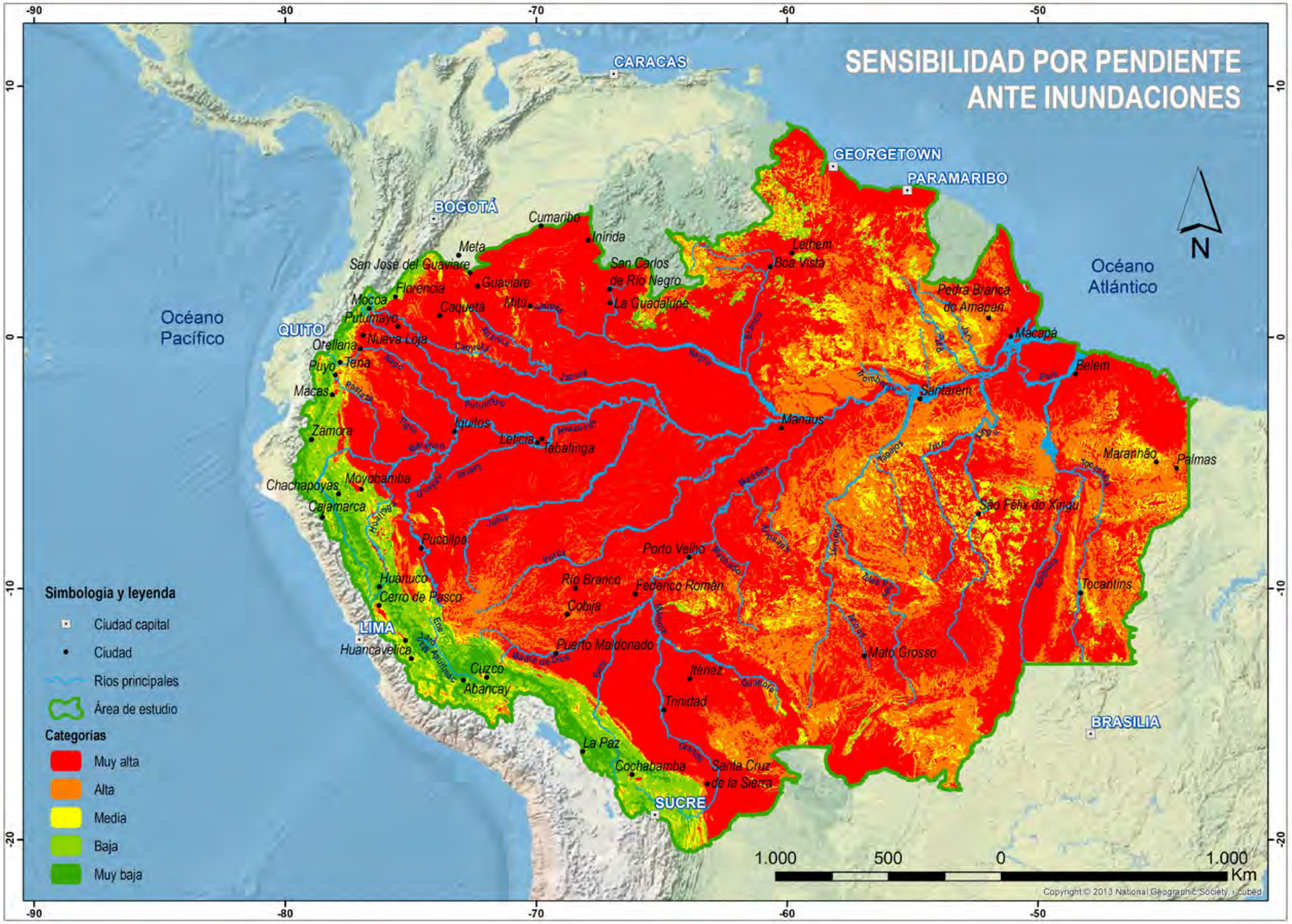
MAPA 47.

Sensibilidad biofísica por pendiente del terreno ante sequías en la Región Amazónica.

FUENTE: Indicador elaborado a partir del Modelo digital de elevación de 250 metros de resolución de la NASA (2013).

MAPA 48.

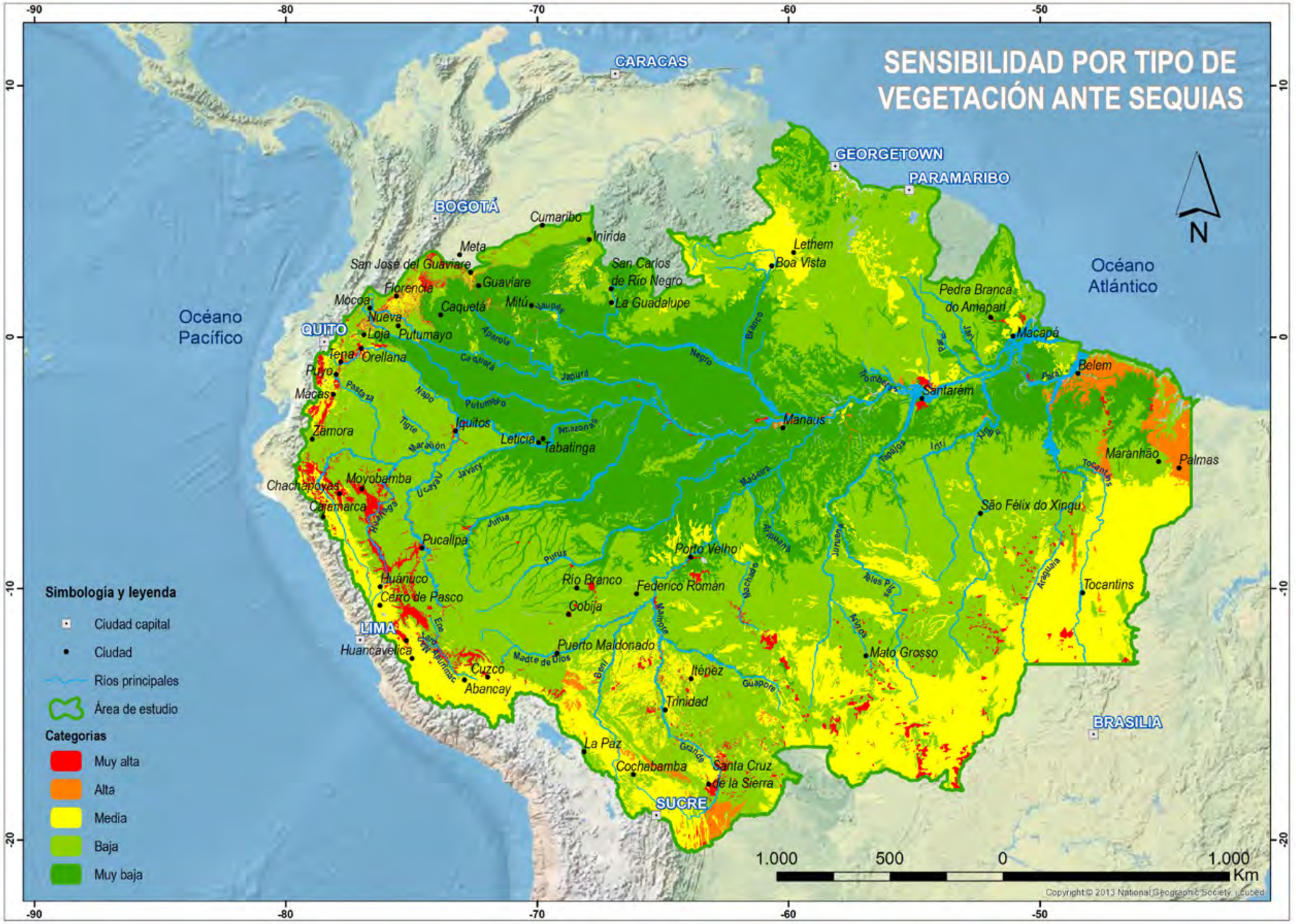
Sensibilidad biofísica por pendiente del terreno ante inundaciones en la Región Amazónica.



FUENTE: Indicador elaborado a partir del Modelo digital de elevación de 250 metros de resolución de la NASA (2013).

MAPA 49.

Sensibilidad biofísica por tipo de vegetación ante sequías en la Región Amazónica.

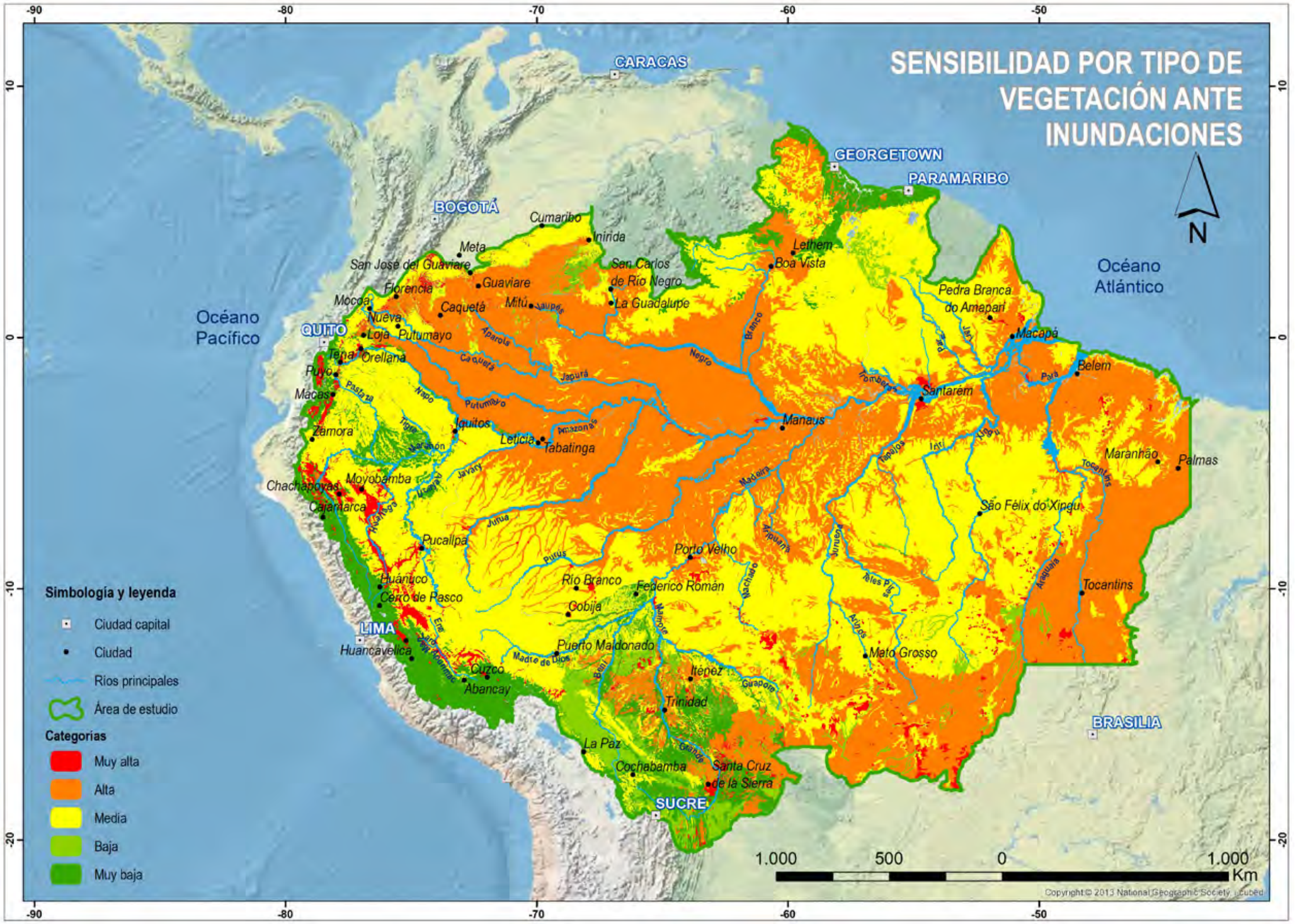


FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de la información de tipo de vegetación consultada a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[33]

(33) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 50.

Sensibilidad biofísica por tipo de vegetación ante inundaciones en la Región Amazónica.

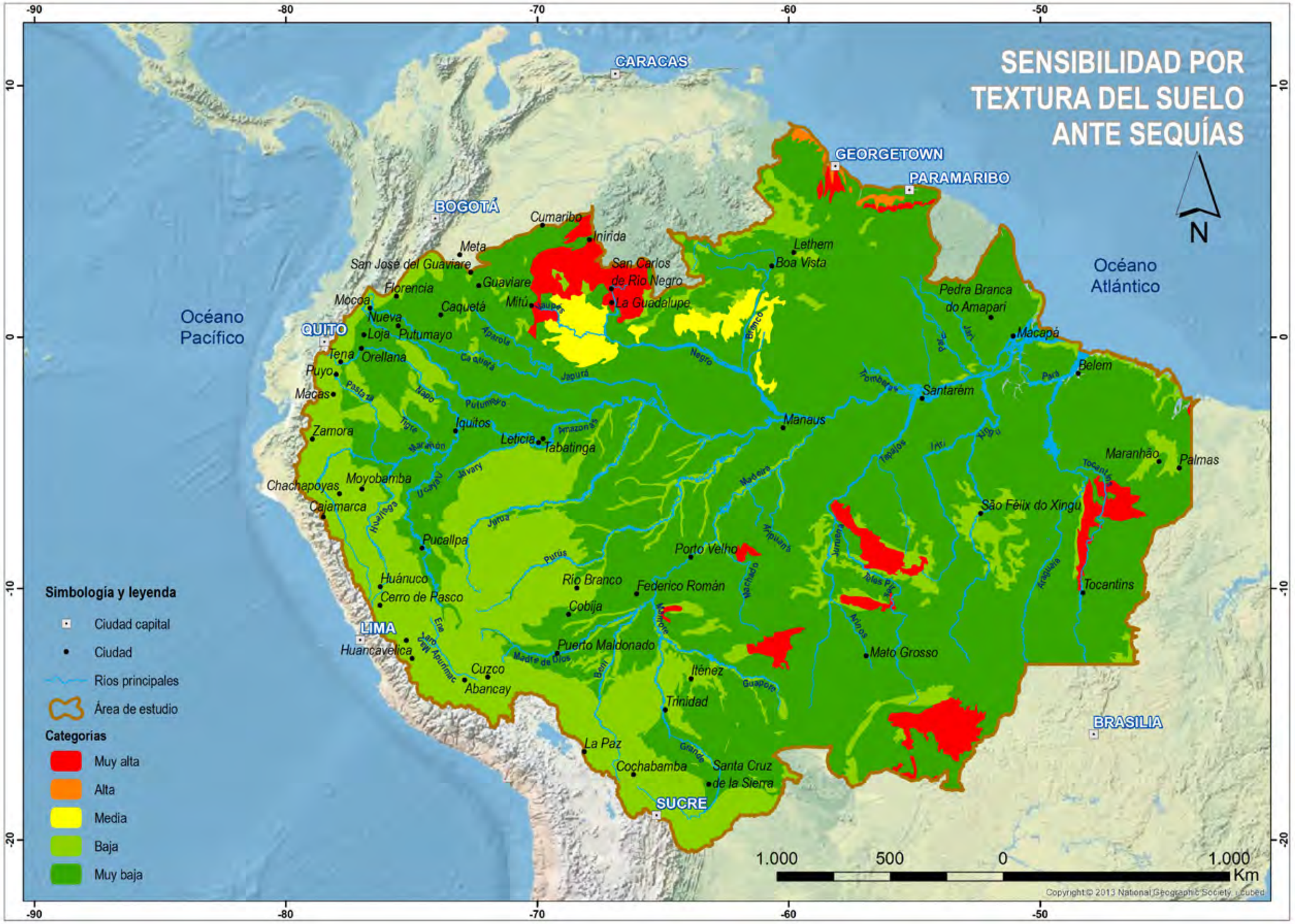


FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de la información de tipo de vegetación consultada a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[34]

(34) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI) (https://sni.gob.ec/inicio). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 51.

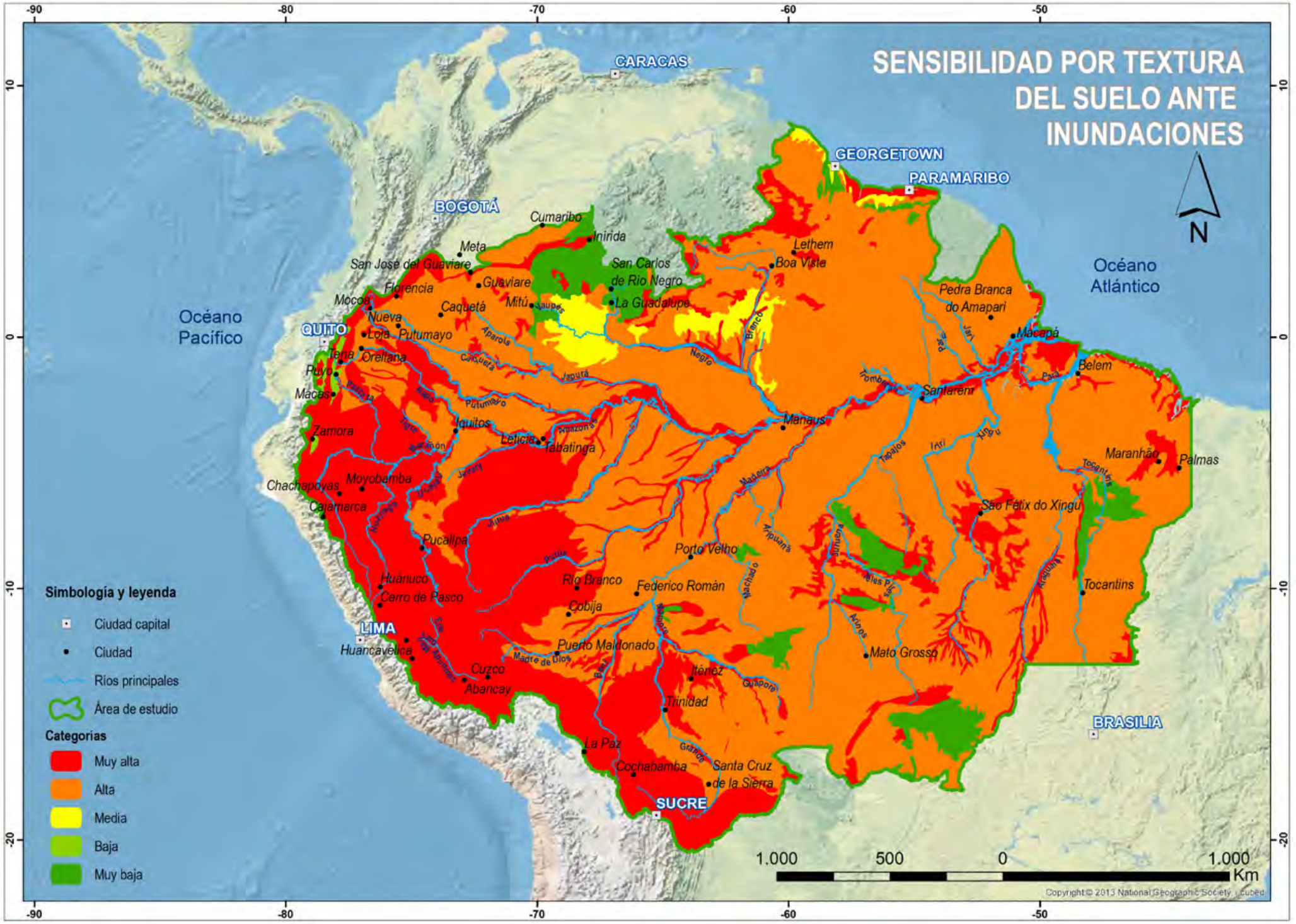
Sensibilidad biofísica por textura del suelo ante sequías en la Región Amazónica.



FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de la información de Clasificación regional de la textura del suelo de Batjes (2010).

MAPA 52.

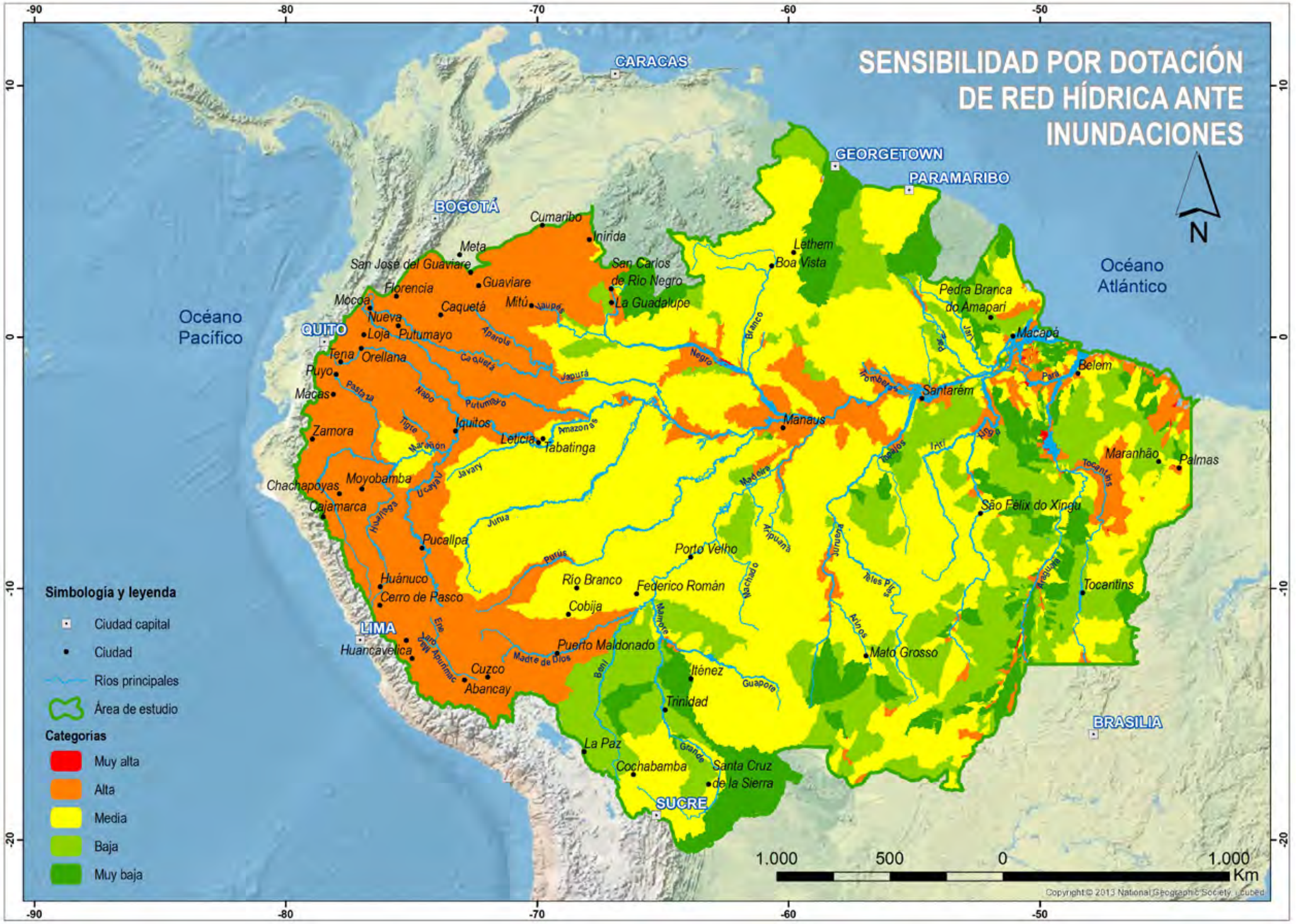
Sensibilidad biofísica por textura del suelo ante inundaciones en la Región Amazónica.



FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de la información de Clasificación regional de la textura del suelo de Batjes (2010).

MAPA 53.

Sensibilidad biofísica por dotación de red hídrica ante inundaciones en la Región Amazónica.

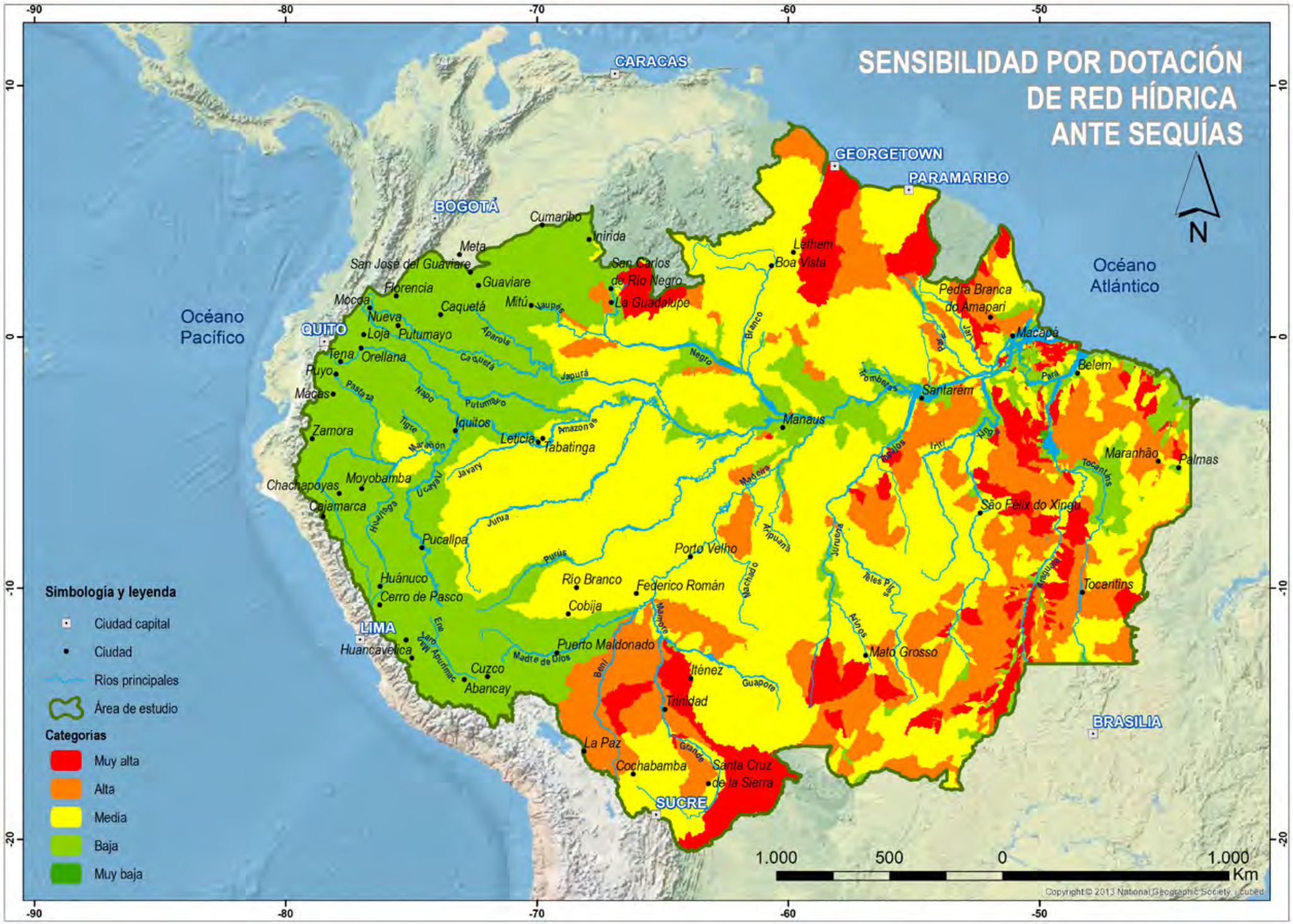


FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de la información de red hídrica, consultada a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[35]

(35) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI), Instituto Geográfico Militar (https://sni.gob.ec/inicio & http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 54.

Sensibilidad biofísica por dotación de red hídrica ante sequías en la Región Amazónica.

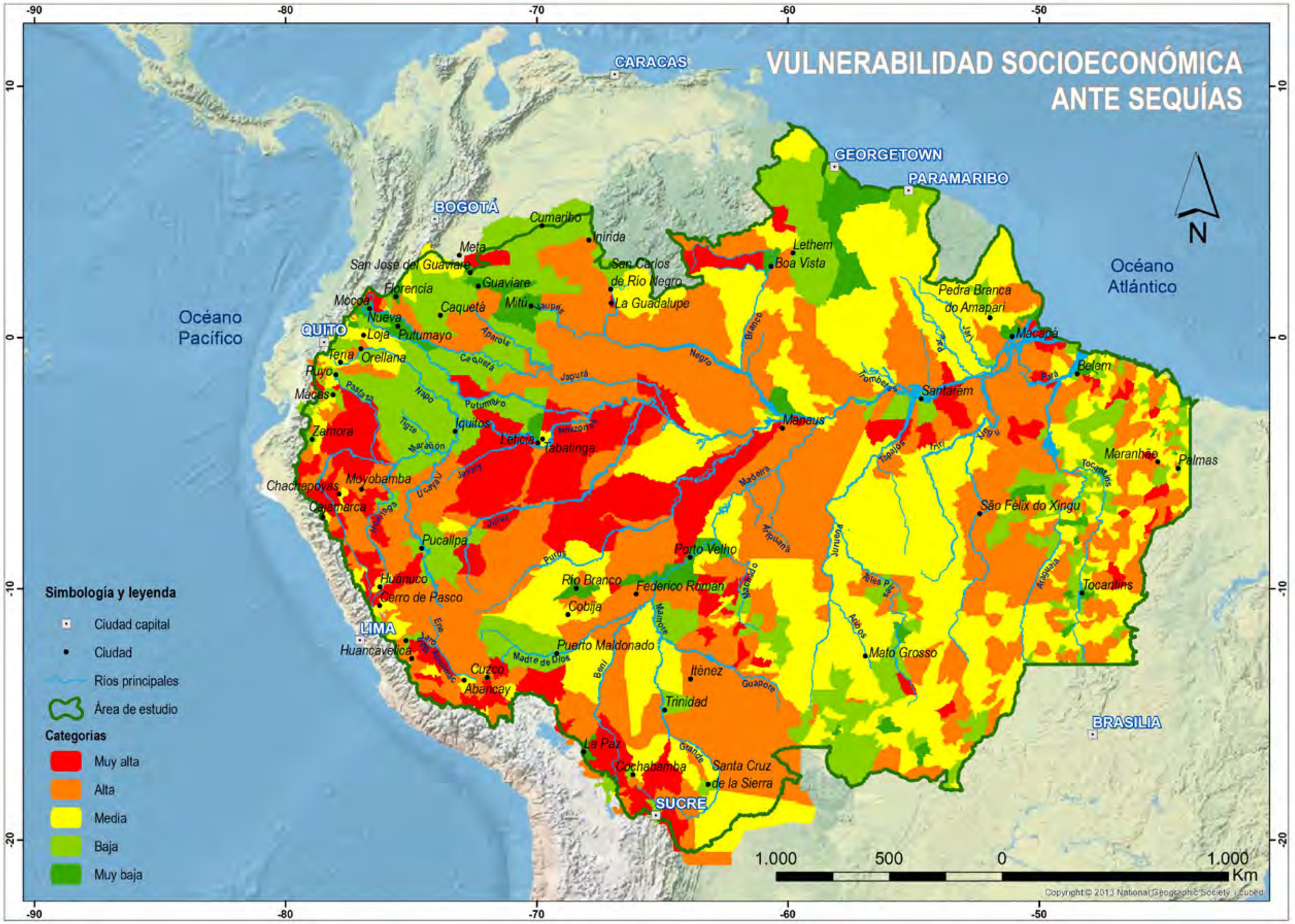


FUENTE: Indicador de sensibilidad elaborado a partir de la información de red hídrica, consultada a través de sitios web oficiales y de los Puntos Focales de la OTCA.[36]

(36) Puntos Focales de la OTCA: Brasil, Colombia, Guyana, Perú y Surinam. Bolivia: GeoBolivia (http://geo.gob.bo/).
Ecuador: Sistema Nacional de Información (SNI), Instituto Geográfico Militar (https://sni.gob.ec/inicio & http://www.igm.gob.ec). Venezuela: Instituto Geográfico Simón Bolívar (http://www.igvsb.gob.ve) y Banco de datos del CIIFEN.

MAPA 55.

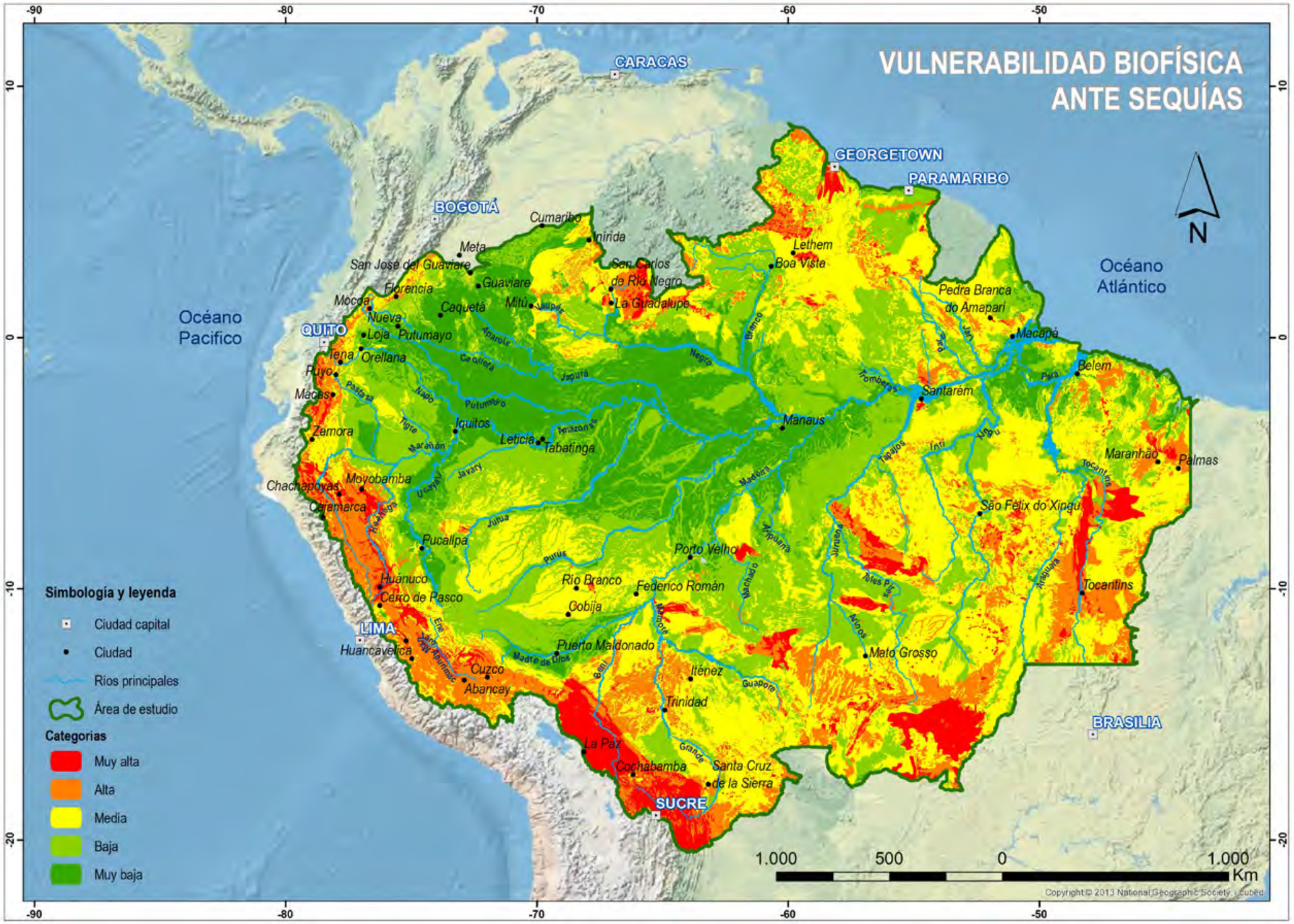
Distribución espacial de la vulnerabilidad socioeconómica ante sequías en la Región Amazónica.



FUENTE: CIIFEN.

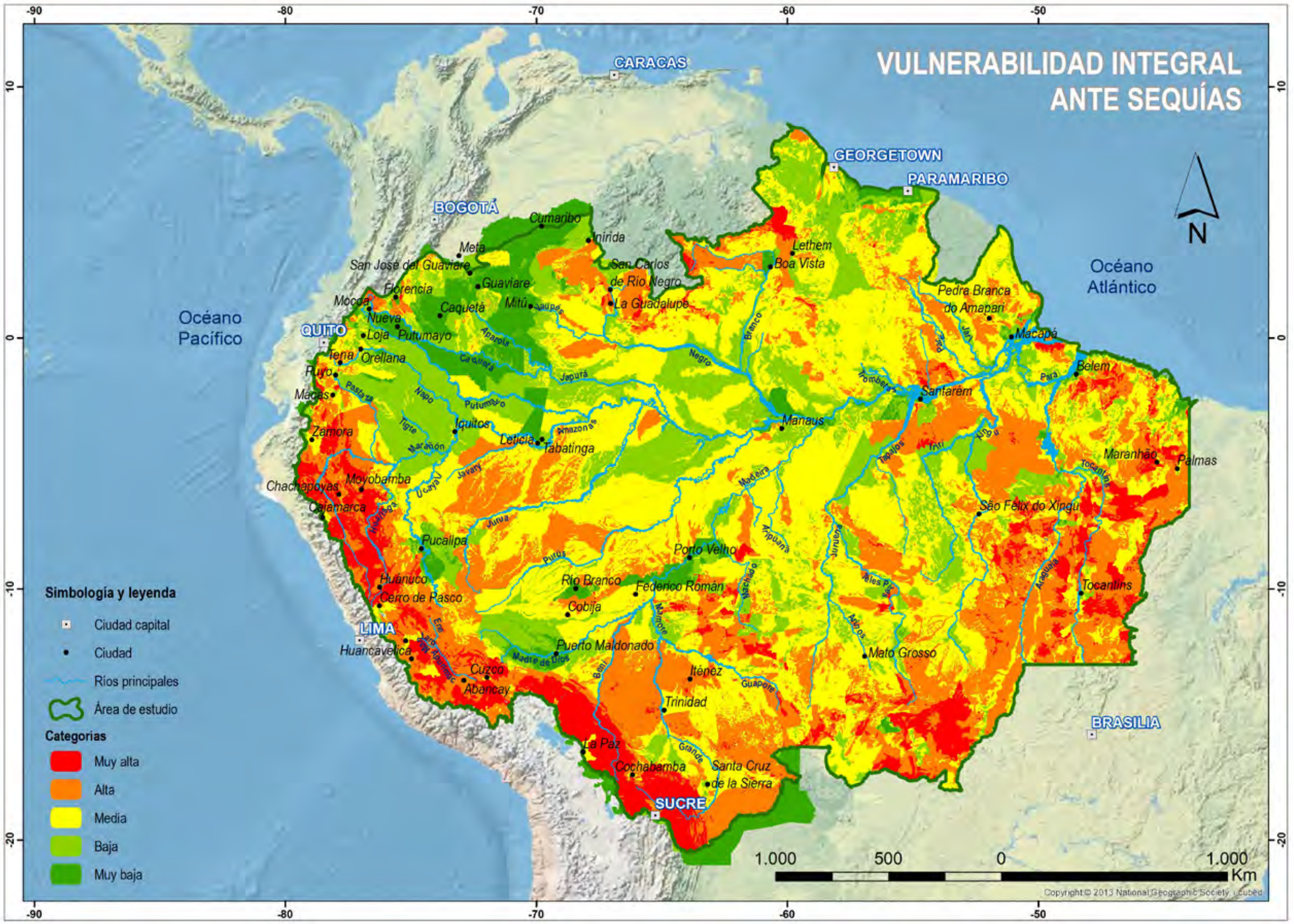
MAPA 56.

Distribución espacial de la vulnerabilidad biofísica ante sequías en la Región Amazónica.



FUENTE: CIIFEN.

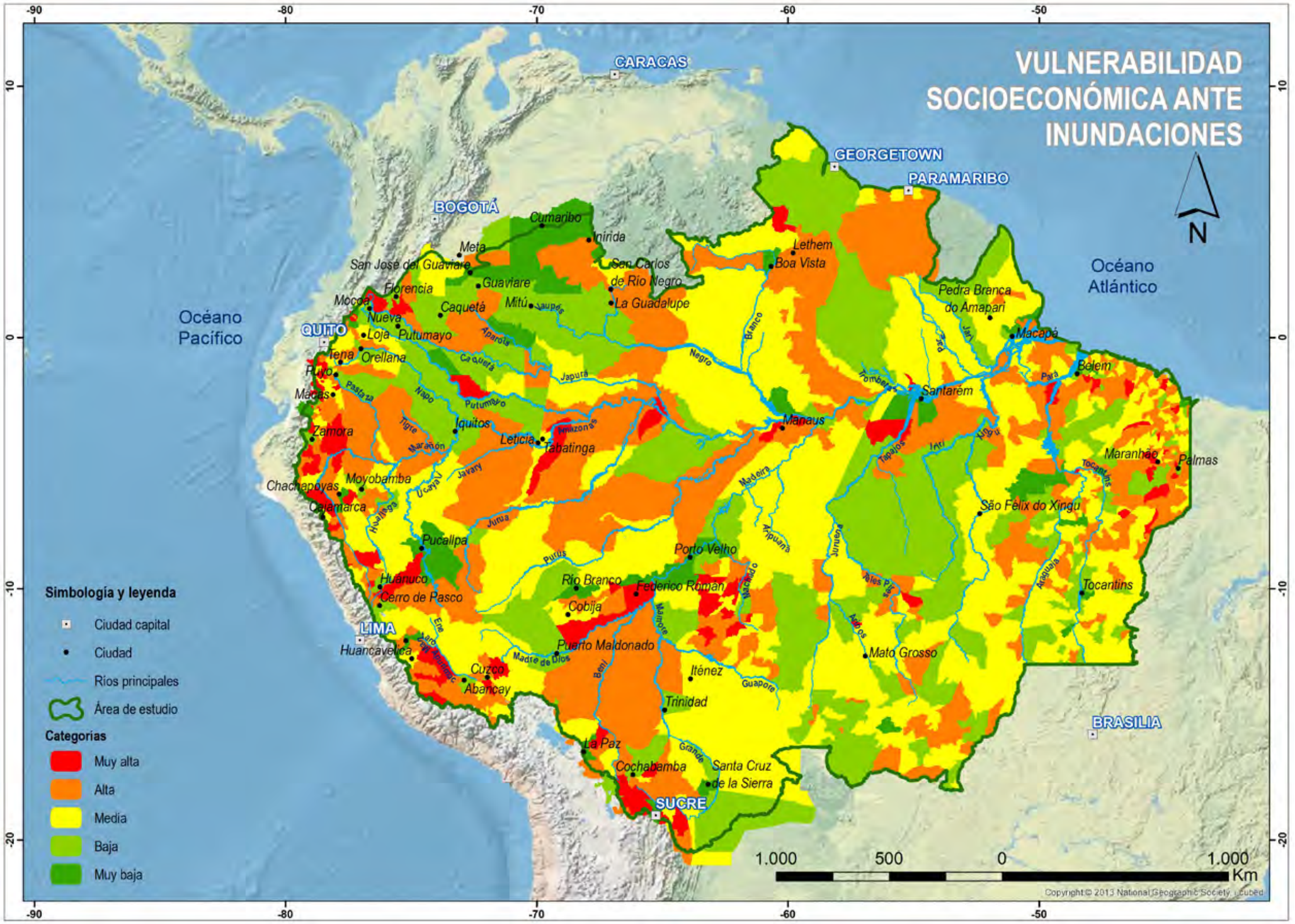
MAPA 57.
Distribución espacial de la vulnerabilidad integral ante sequías en la Región Amazónica.



FUENTE: CIIFEN.

MAPA 58.

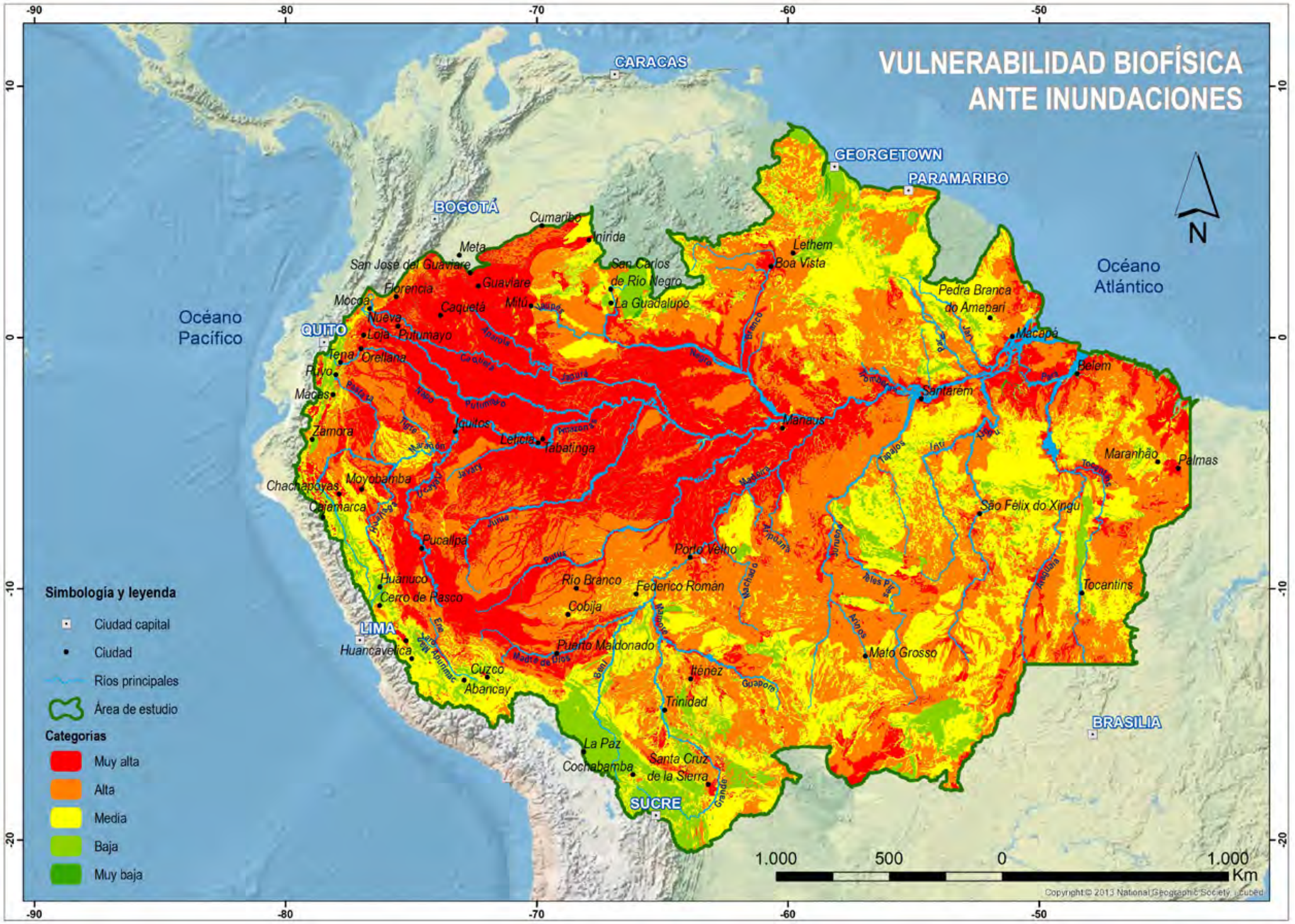
Distribución espacial de la vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones en la Región Amazónica.



FUENTE: CIIFEN.

MAPA 59.

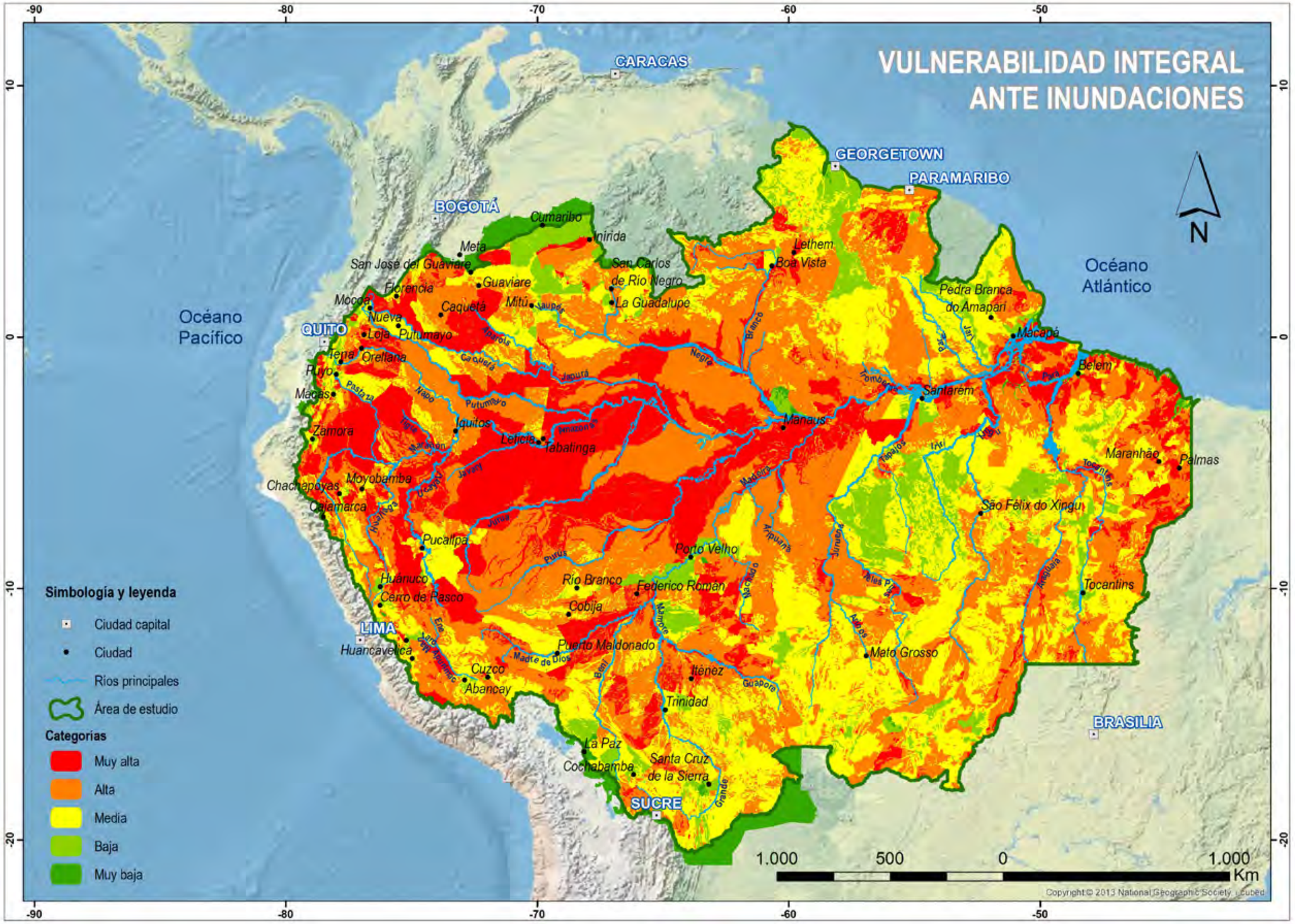
Distribución espacial de la vulnerabilidad biofísica ante inundaciones en la Región Amazónica.



FUENTE: CIIFEN.

MAPA 60.

Distribución espacial de la vulnerabilidad integral ante inundaciones en la Región Amazónica.



FUENTE: CIIFEN.

PARTE

III

Fuentes de Información

Puntos Focales del Proyecto OTCA/ONU Medio Ambiente/GEF Amazonas-Recursos Hídricos y Cambio climático

BOLIVIA

- Ministerio de Relaciones Exteriores, Vice Ministro, Emb. **Juan Carlos Alurralde**.
- Ministerio de Relaciones Exteriores, Límites, Fronteras y Aguas Internacionales
- Transfronterizas, Director General, **Juan Carlos Segurola Tapia.**
- Ministerio de Relaciones Exteriores, Unidad de Fronteras y Aguas Internacionales Transfronterizas, Jefe, **Mayra Briseida Montero Castillo**.
- Ministerio de Medio Ambiente y Agua (MMAYA), Director General, **Oscar Céspedes Montaño.**

BRASIL

- Agencia Nacional de Aguas, Superintendencia de Implementación de Programas y Proyectos-SIP, Superintendente, **Ricardo Medeiros de Andrade.**
- Agencia Nacional de Aguas, Superintendencia de Implementación de Programas y Proyectos- SIP, Superintendente Adjunto, **Tiberio Magalhães Pinheiro.**
- Agencia Nacional de Aguas, Superintendencia de Implementación de Programas y Proyectos-SIP, Especialista en Recursos Hídricos, **Diana Leite Cavalcanti.**
- Reconocimiento especial al señor **Humberto Cardoso Gonçalves**, cogestor de esta iniciativa regional, actual Superintendente, Superintendencia de Apoyo e Implementación del Sistema Nacional de Gerenciamiento de Recursos Hídricos –SAS/SINGREH, Agencia Nacional de Aguas.

COLOMBIA

- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, Directora Técnica, **Luz Hicela Mosquera.**
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Dirección de Gestión Integral del Recurso Hídrico, Profesional Especializado en Recurso Hídrico, **Martha Cristina Barragán Acosta.**
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, Oficina de Asuntos Internacionales, Asesor de Fronteras y Organismos Subregionales, **Mauricio Molano Cruz.**

ECUADOR

- Secretaría del Agua, Subsecretaría Social y de Articulación del Recurso Hídrico, Subsecretario, **Helder Ernesto Solís Carrión.**
- Directora de Articulación Territorial e Intersectorial, **Bertha Concepción Andrade Velasco.**
- Analista Técnico de los Recursos Hídricos, **María Belén Benítez Carranco.**

GUYANA

- Ministerio de Obras Públicas y Departamento de Comunicación, Grupo de Servicio de Obras, Ingeniero Senior/ Superior, **Jermaine Braithwaite.**
- Agua Incorporada de Guyana, Gerente de División (Operaciones-DIV2), **Marlon Daniels.**

PERÚ

- Autoridad Nacional del Agua, Jefe, **Ing. Abelardo De la Torre Villanueva.**
- Directora de Conservación y Planeamiento de Recursos Hídricos, **Ing. Paola Chinen Guima.**
- Responsable del Área de Gestión de Recursos Hídricos y Cuencas Transfronterizas, **Ing. Adolfo Polidoro Toledo Parreño.**
- Especialista en Gestión de Recursos Hídricos en Cuencas Transfronterizas, **Ing. Fanny María Quispe Guzmán**.

SURINAM

- Ministerio de Relaciones Exteriores, Punto Focal OTCA, **Marlena Wellis**.

VENEZUELA

- Ministerio del Poder Popular para Relaciones Exteriores, Escritorio OTCA, Oficina de Asuntos Multilaterales y de Integración, **Mariana Milagros Orta Osorio**.
- Ministerio del Poder Popular para Ecosocialismo y Agua, Dirección General de Cuencas, Director General de Cuencas, **Adrián Alberto León Cedeno**.

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. División político–administrativa aplicada para la construcción del Atlas.

TABLA 2. Países Miembros de la OTCA y su último año censal.

TABLA 3. Tipos de vulnerabilidad: variables e indicadores ante inundaciones y sequías.

TABLA 4. Valoración de la sensibilidad por dependencia de edad ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 5. Valoración de la sensibilidad de la actividad agropecuaria ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 6. Valoración de las categorías de la aptitud agrícola.

TABLA 7. Valoración de la sensibilidad por aptitud agrícola ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 8. Valoración de la sensibilidad por dotación vial ante eventos de inundaciones.

TABLA 9. Valoración de la capacidad de adaptación por infraestructura de salud ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 10. Valoración de la capacidad de adaptación por presencia de infraestructura educativa ante eventos de inundaciones.

TABLA 11. Valoración de la capacidad de adaptación por actividades económicas alternativas ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 12. Valoración de la capacidad de adaptación por abastecimiento de agua potable ante eventos de sequías.

TABLA 13. Valoración aplicada a la sensibilidad por densidad hídrica ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 14. Clasificación de pendientes según su porcentaje.

TABLA 15. Valoración de la sensibilidad por pendiente del terreno ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 16. Categorías de textura del suelo de la Región Amazónica.

TABLA 17. Valoración de la sensibilidad por textura del suelo ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 18. Valoración de la sensibilidad por tipo de vegetación ante eventos de sequías e inundaciones.

TABLA 19. Clasificación de la vegetación de la Región Amazónica.

TABLA 20. Síntesis de la exposición a los fenómenos hidroclimáticos sequía e inundaciones en la Región Amazónica.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Representación esquemática del sistema climático.

FIGURA 2. Distribución mundial de la temperatura media anual (arriba, izquierda), precipitación (arriba, derecha), vientos (centro, izquierda), climas según Köppen (centro, derecha) y biomas terrestres según la vegetación (abajo).

FIGURA 3. Distribución de las anomalías de temperatura de la superficie en el océano Pacífico tropical en presencia de los fenómenos de El Niño (izquierda, arriba) y de La Niña (izquierda, abajo).

FIGURA 4. Alteración de la circulación de la atmósfera sobre el Pacífico tropical y cambio de posición de los centros de lluvia debido al fenómeno de El Niño (izquierda), condiciones normales (centro) y de La Niña (derecha).

FIGURA 5. Comparación de las secuencias del Índice Oceánico El Niño (ONI) y de un índice que señala las anomalías de precipitación registradas de Leticia (Colombia) y oeste de la Región Amazónica.

FIGURA 6. Teoría de Milankovitch que explica los ciclos de cambio climático globales por cambios en la geometría de la órbita alrededor de la Tierra o de geometría de la incidencia de los rayos solares al planeta.

FIGURA 7. Comportamiento de las anomalías de temperatura media mundial del aire durante los últimos 150 años referenciadas al período (1850 - 2000).

FIGURA 8. Clasificación de los fenómenos extremos de índole meteorológica e hidroclimática.

FIGURA 9. Representación esquemática de la cadena fenómeno extremo–sistema impactado–desastre que ocurre en la realidad (arriba), la aproximación conceptual para su análisis (al centro) y la composición del concepto de vulnerabilidad (abajo).

FIGURA 10. Esquema de trabajo para la elaboración del Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica.

FIGURA 11. Estructura de la geodatabase.

FIGURA 12. Proceso de normalización de indicadores.

FIGURA 13. Escala de colores aplicada a la representación de los resultados de vulnerabilidad y sensibilidad.

FIGURA 14. Escala de colores aplicada a la representación de resultados de la capacidad de adaptación.

FIGURA 15. Porcentaje de tipo de suelos según su clasificación taxonómica en la Región Amazónica.

FIGURA 16. Porcentaje del tipo de suelo según su textura en la Región Amazónica.

FIGURA 17. Cambios de la temperatura media estacional del aire hacia finales del siglo XXI bajo el escenario RCP 4.5 sobre la Región Amazónica, según ensamble de los modelos BCC–CM1, GFDL, HadGEM2 y ECHAM6–LR (el sector oriental que se ve pixelado solo es *cubierto con HadGEM2).*

FIGURA 18. Cambios de la precipitación estacional hacia finales del siglo XXI bajo el RCP 4.5 sobre la Región Amazónica, según ensamble de los modelos BCC–CSM1, GFDL, HadGEM2 y ECHAM6–LR.

FIGURA 19. Población amazónica de los Países Miembros de la OTCA.

FIGURA 20. Porcentaje de población dependiente en 2010 y proyección al 2020.

FIGURA 21. Actividades económicas principales de la Región Amazónica.

FIGURA 22. Actividades económicas alternativas a la agricultura en la Región Amazónica.

FIGURA 23. Porcentaje de áreas protegidas en la Región Amazónica.

FIGURA 24. Recurrencia de registros históricos de desastres asociados a fenómenos hidroclimáticos extremos en la Región Amazónica (1970-2015).

FIGURA 25. Resumen de registros históricos de desastres asociados a fenómenos hidroclimáticos extremos en la Amazonía andina (1970-2015)

FIGURA 26. Impacto de las inundaciones sobre los sistemas socioeconómicos y biofísicos (1970-2015).

FIGURA 27. Impacto de las sequías sobre los sistemas socioeconómicos y biofísicos (1970-2015).

LISTA DE MAPAS

MAPA 1. Límites de la Región Amazónica.

MAPA 2. Límite del área de estudio.

MAPA 3. Relieve de la Región Amazónica.

MAPA 4. Clasificación taxonómica del suelo de la Región Amazónica.

MAPA 5. Textura del suelo de la Región Amazónica.

MAPA 6. Aptitud agrícola del suelo de la Región Amazónica.

MAPA 7. Temperatura media anual en la Región Amazónica.

MAPA 8. Precipitación anual en la Región Amazónica.

MAPA 9. Evapotranspiración Real de la Región Amazónica.

MAPA 10. Balance hídrico de la Región Amazónica.

MAPA 11. Clasificación climática de Köppen para la Región Amazónica.

MAPA 12. Tipo de vegetación de la Región Amazónica.

MAPA 13. Ecorregiones de la Región Amazónica.

MAPA 14. Red hídrica principal de la Región Amazónica.

MAPA 15. Unidades hidrográficas Nivel 4 de la Región Amazónica.

MAPA 16. Densidad poblacional en la Región Amazónica.

MAPA 17. Territorios indígenas de la Región Amazónica.

MAPA 18. Crecimiento poblacional en la Región Amazónica.

MAPA 19. Índice de dependencia por edad en la Región Amazónica.

MAPA 20. Tasa de analfabetismo en la Región Amazónica.

MAPA 21. Pobreza por Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI) en la Región Amazónica.

MAPA 22. Áreas agropecuarias en la Región Amazónica.

MAPA 23. Población económicamente activa con dedicación agropecuaria en la Región Amazónica.

MAPA 24. Población económicamente activa con actividades alternas a la agricultura en la Región Amazónica.

MAPA 25. Distribución de los establecimientos de salud en la Región Amazónica.

MAPA 26. Distribución de centros educativos en la Región Amazónica.

MAPA 27. Red de carreteras principales de la Región Amazónica.

MAPA 28. Red de carreteras secundarias de la Región Amazónica.

MAPA 29. Red de hidrovías de la Región Amazónica.

MAPA 30. Eje vial multimodal Manta-Manaos.

MAPA 31. Infraestructura eléctrica de la Región Amazónica.

MAPA 32. Distribución de las Áreas Protegidas en la Región Amazónica.

MAPA 33. Recurrencia de eventos de sequías extremas en la Región Amazónica.

MAPA 34. Recurrencia de eventos de humedad extrema en la Región Amazónica.

MAPA 35. Localización de las zonas inundables en la Región Amazónica.

MAPA 36. Amenaza de las áreas agropecuarias por sequías en la Región Amazónica.

MAPA 37. Amenaza de los centros poblados por sequías en la Región Amazónica.

MAPA 38. Amenaza de las áreas agropecuarias por inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 39. Amenaza de los centros poblados por inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 40. Sensibilidad por aptitud agrícola ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica.

LISTA DE MAPAS

MAPA 41. Sensibilidad por dependencia de edad ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 42. Sensibilidad de la actividad agropecuaria ante sequías e inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 43. Sensibilidad por dotación vial ante inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 44. Capacidad de adaptación socioeconómica ante inundaciones y sequías por actividades económicas alternas a la agricultura en la Región Amazónica.

MAPA 45. Capacidad de adaptación socioeconómica ante inundaciones por presencia de infraestructura educativa de la Región Amazónica.

MAPA 46. Capacidad de adaptación socioeconómica ante sequías por abastecimiento de agua potable en la Región Amazónica.

MAPA 47. Sensibilidad biofísica por pendiente del terreno ante sequías en la Región Amazónica.

MAPA 48. Sensibilidad biofísica por pendiente del terreno ante inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 49. Sensibilidad biofísica por tipo de vegetación ante sequías en la Región Amazónica.

MAPA 50. Sensibilidad biofísica por tipo de vegetación ante inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 51. Sensibilidad biofísica por textura del suelo ante sequías en la Región Amazónica.

MAPA 52. Sensibilidad biofísica por textura del suelo ante inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 53. Sensibilidad biofísica por dotación de red hídrica ante inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 54. Sensibilidad biofísica por dotación de red hídrica ante sequías en la Región Amazónica.

MAPA 55. Distribución espacial de la vulnerabilidad socioeconómica ante sequías en la Región Amazónica.

MAPA 56. Distribución espacial de la vulnerabilidad biofísica ante sequías en la Región Amazónica.

MAPA 57. Distribución espacial de la vulnerabilidad integral ante sequías en la Región Amazónica.

MAPA 58. Distribución espacial de la vulnerabilidad socioeconómica ante inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 59. Distribución espacial de la vulnerabilidad biofísica ante inundaciones en la Región Amazónica.

MAPA 60. Distribución espacial de la vulnerabilidad integral ante inundaciones en la Región Amazónica.

FUENTES DE INFORMACIÓN

BOLIVIA

- **GeoBolivia:** (http://geo.gob.bo/)
- **Centro Digital de Recursos Espaciales de Bolivia:** (http://cdrnbolivia.org/geografia-fisica-nacional.htm)
- **Instituto Nacional de Estadística de Bolivia–INE:** (www.ine.gob.bo)

BRASIL

- **Ministerio de Medio Ambiente de Brasil, MMA:** (http://mapas.mma.gov.br/i3geo/datadownload.htm)
- **Instituto Brasileiro de Geografía y Estadística de Brasil-IBGE:** (www.ibge.gov.br)
- **Sistema Integrado de Información sobre Desastres, Defensa Civil de Brasil:** (https://s2id.mi.gov.br/)

COLOMBIA

- **Instituto Geográfico Agustín Codazzi–IGAC:** (www.igac.gov.co)
- **Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales-IDEAM:** (www.ideam.gov.co)
- **Departamento Administrativo Nacional de Estadística–DANE, Censo Ampliado/ Censo Básico:** (www.dane.gov.co)

ECUADOR

- **Instituto Geográfico Militar–IGM:** (www.igm.gob.ec)
- **Sistema Nacional de Información–SNI:** (http://sni.gob.ec)
- **Instituto Nacional de Estadísticas y Censos–INEC:** (www.ecuadorencifras.gob.ec)

VENEZUELA

- **Instituto Nacional de Estadística de Venezuela–INE:** (www.ine.gov.ve)
- **Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar–IGVSB:** (www.ine.gov.ve)

GUYANA

- **Guyana Bureau of Statistics:** (www.statisticsguyana.gov.gy)
- **Guyana Geology and Mines Commission:** (www.ggmc.gov.gy)
- **Office of the Commissioner Guyana Lands and Surveys Commission:** (www.glsc.gov.gy)
- **Environmental Protection Agency Guyana:** (www.epaguyana.org)

PERÚ

- **Ministerio de Agricultura y Riego de Perú**
- **Ministerio del Ambiente–MINAM:** (www.minam.gob.pe)
- **Instituto Nacional de Estadística e Informática de Perú–INEI:** (www.inei.gob.pe)
- **Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, SENAMHI:** (www.senamhi.gob.pe)
- **Instituto Nacional de Recursos Naturales–INRENA:** (www.minagri.gob.pe)
- **Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental, OEFA Amazonas:** (www.oefa.gob.pe)
- **Ministerio de Transportes y Comunicaciones:** (www.mtc.gob.pe)
- **Ministerio de Energía y Minas–MINEM:** (www.minem.gob.pe)

SURINAM

- **General Bureau of Statistics:** (www.statistics-suriname.org)
- **The Embassy of the Republic of Suriname:** (www.surinameembassy.org)
- **Ministry of Agriculture, Animal Husbandry and Fisheries:** (http://www.fao.org/pgrfa-gpa-archive/sur/nieuws/en/The-Ministry-Of-Agriculture-Animal-Husbandry-And-Fisheries.html)
- **National Master Plan for Agricultural Development of Suriname:** (http://www.gov.sr/)
- **United Nations Development Programme–UNDP:** (www.sr.undp.org)

SIGLAS

Siglas	
ANA	Agencia Nacional de Aguas, Brasil
ANA	Autoridad Nacional del Agua, Perú
AR5	Quinto Informe de Evaluación del IPCC de 2013 (AR5, sigla en inglés)
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
CAN	Comunidad Andina de Naciones
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CELADE	Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIIFEN	Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
COSIPLAN	Consejo Suramericano de Infraestructura y Planeamiento
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DESINVENTAR	Base de datos para Bolivia, Colombia, Ecuador, Guyana y Venezuela
EIRD	Estrategia Internacional para la Reducción de los Desastres
ESRI	Environmental Systems Research Institute
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
GEF	Fondo para el Medio Ambiente Mundial (Global Environment Facility)
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDEAM	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Colombia
IGM	Instituto Geográfico Militar, Ecuador
IGVSB	Instituto Geográfico de Venezuela Simón Bolívar
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático, (sigla en inglés)
IIRSA	Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional Suramericana
INE	Instituto Nacional de Estadística, Bolivia
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Ecuador
INRENA	Instituto Nacional de Recursos Naturales, Perú
IRI	International Research Institute for Climate and Society
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
MMA	Ministerio de Medio Ambiente, Brasil
MMAyA	Ministerio de Medio Ambiente y Agua, Bolivia
MINAM	Ministerio del Ambiente, Perú

Siglas	
MINEM	Ministerio de Energía y Minas, Perú
NASA	*National Aeronautics and Space Administration, Estados Unidos*
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration, Estados Unidos
NRCS	National Resources Conservation Services, Estados Unidos
OEFA	Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental Amazonas, Perú
ODM	Objetivos de Desarrollo del Milenio
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMS (WHO)	Organización Mundial de la Salud (World Health Organization)
OMM	Organización Meteorológica Mundial
ONU (UN)	Organización de las Naciones Unidas (United Nations)
OPS (PAHO)	Organización Panamericana de la Salud (Panamerican Health Organization)
OTCA	Organización del Tratado de Cooperación Amazónica
PAE	Programa de Acciones Estratégicas (Proyecto OTCA/PNUMA/GEF-Recursos hídricos y cambio climático)
PM	Países Miembros de la OTCA
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
S2ID	Sistema Integrado de Informações sobre Desastres, Brasil
SENAGUA	Secretaría del Agua, Ecuador
SENAMHI	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SITEAL	Sistema de Información de Tendencias Educativas en América Latina
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission (de la NASA)
SREX	*Special Report on Managing the Risks of Extreme Weather Events*
TRMM	Tropical Rainfall Measuring Mission
UE	Unión Europea
UNASUR	Unión de Naciones Suramericanas
UNAL	Universidad Nacional de Colombia
UNISDR	Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastres
USDA	U.S. Department of Agriculture
WWF	World Wildlife Fund
ZCAS	Zona de Convergencia del Atlántico Sur
ZCI	Zona de Convergencia Intertropical

SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS

Símbolos y Abreviaturas	Significado
A2	Altas emisiones
B2	Bajas emisiones
CA	Capacidad de adaptación
CO_2	Dióxido de carbono
CH_4	Metano
CMIP5	Coupled Model Intercomparison Project Phase 5
DE	Dependencia por edad
DEF	Diciembre-Enero-Febrero
E	Exposición
ETR	Evapotranspiración real
ºN	Grados norte
ºS	Grados sur
ºW	Grados oeste
ºE	Grados este
JJA	Junio-Julio-Agosto
Km^2	Kilómetros cuadrados
MAM	Marzo-Abril-Mayo
MDE	Modelo Digital de Elevación
mm/h	Milímetros por hora

Símbolos y Abreviaturas	Significado
m^3/s	Metros cúbicos por segundo
mm/mes	Milímetros por mes
msnm	Metros sobre el nivel del mar
NBI	Necesidades Básicas Insatisfechas
ONI	Índice Oceánico El Niño (sigla en inglés)
PD	Población Dependiente
PDO	Oscilación Decadal del Pacífico (sigla en inglés)
PEA	Población Económicamente Activa
P.hora	Precipitación por hora
P.mensual	Precipitación mensual
PND	Población No Dependiente
PostGreSQL	Sistema de gestión de banco de datos
RCP	*Representative Concentration Pathway* o Trayectorias de Concentración Representativas Mencionadas: RCP 2.6; RCP 4.5 y RCP 8.5 (altas emisiones)
S	Sensibilidad
SON	Septiembre-Octubre-Noviembre
SPI	Standard Precipitation Index
V	Vulnerabilidad

GLOSARIO

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Albedo	Fracción de radiación solar reflejada por una superficie y objeto, expresada como porcentaje. Las superficies claras tienen mayor albedo que las oscuras (p.e), la nieve tiene mayor albedo que los océanos o la vegetación, por ende refleja mayor porcentaje de la radiación solar recibida.	IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Amenazas hidroclimáticas	Eventos extremos relacionados con el clima y la hidrología de una región que pueden causar impactos físicos y pérdidas.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.) IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Atlas	Conjunto de mapas de diferentes regiones del planeta que han sido editados y publicados de manera conjunta en un libro o colección.	IGAC. (2019). ¿Qué es un atlas? Obtenido de https://www.igac.gov.co/es/contenido/que-es-un-atlas
Atlas de Vulnerabilidad Hidroclimática de la Región Amazónica	Compendio de mapas que representan la vulnerabilidad de las características socioeconómicas y biofísicas de la Región Amazónica ante las sequías y las inundaciones, como parte de los eventos hidroclimáticos extremos de mayor incidencia e impacto en la Región.	Atlas de Vulnerabilidad Climática de la Región Amazónica
Atmósfera	Atmósfera: capa gaseosa que rodea la Tierra, compuesta principalmente por nitrógeno y oxígeno, otros gases como el argón, helio y ciertos gases de efecto invernadero (dióxido de carbono y ozono; contiene también vapor de agua, nubes y aerosoles). Se divide en cinco capas: la troposfera que contiene la mitad de la Tierra atmósfera, la estratosfera, la mesosfera, la termosfera, y la exosfera, que es el límite exterior de la atmósfera.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.) IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Balance hídrico	Evaluación de las entradas, las salidas y las variaciones en el almacenamiento de una masa de agua en un determinado período de tiempo.	OMM-UNESCO. (2012). Glosario Hidrológico Internacional. Organización Meteorológica Mundial, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.

GLOSARIO

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Base de datos geográfica/geodatabase	Conjunto de datos geográficos organizados de tal manera que permiten la realización de análisis y la gestión del territorio dentro de aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica (SIG)	IGN. (2020). Instituto Gegráfico Nacional de España. Retrieved from Centro Nacional de Información Geográfica: https://www.ign.es/web/resources/docs/IGNCnig/CBG-BD.pdf
Biosfera o Biósfera	Parte del sistema Tierra que abarca todos los ecosistemas y organismos vivos de la atmósfera y de la tierra (biosfera terrestre) o de la atmósfera y los océanos (biosfera marina), incluida la materia orgánica muerta resultante de ellos, en particular los restos, la materia orgánica del suelo y los detritus oceánicos.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Capacidad de adaptación	Capacidad de los sistemas, las instituciones, los humanos y otros organismos para adaptarse ante posibles daños, aprovechar las oportunidades o afrontar las consecuencias.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Clima	El clima en un sentido limitado generalmente se define como el clima promedio, o más rigurosamente, como la descripción estadística en términos de la media y la variabilidad de cantidades relevantes durante un período de tiempo que varía de meses a miles o millones de años. El período clásico para promediar estas variables es de 30 años, según lo definido por la Organización Meteorológica Mundial.	IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Cambio climático	El cambio climático se refiere a un cambio en el estado del clima que puede identificarse (por ejemplo, mediante el uso de pruebas estadísticas) mediante cambios en la media y / o la variabilidad de sus propiedades y que persiste durante un período prolongado, generalmente décadas o más. El cambio climático puede deberse a procesos internos naturales o forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas y cambios antropogénicos persistentes en la composición de la atmósfera o en el uso del suelo. Cambio climático que se atribuye directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera global y que se suma a variabilidad climática natural observada durante períodos de tiempo comparables.	IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Ciclo hidrológico global	Ciclo en virtud del cual el agua se evapora de los océanos y de la superficie de la tierra, es transportada sobre la Tierra por la circulación atmosférica en forma de vapor de agua, se condensa para formar nubes, se precipita en forma de lluvia o nieve sobre el océano y la tierra, donde puede ser interceptada por los árboles y la vegetación, genera escorrentía en la superficie terrestre, se infiltra en los suelos, recarga las aguas subterráneas, afluye a las corrientes fluviales y, en la etapa final, desemboca en los océanos, en los que se evapora nuevamente.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

GLOSARIO

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Clima planetario	Sistema climático del planeta. Véase Clima.	IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Cuenca hidrográfica	Zona delimitada topográficamente que desagua mediante un sistema fluvial, es decir, la superficie total de tierras que desaguan en cierto punto de un curso de agua o río; área que tiene una salida única para su escorrentía superficial (RT).	OMM - UNESCO. (2012). Glosario Hidrológico Internacional. Organización Meteorológica Mundial, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. T.C. Sheng. (1992). Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudio y planificación de cuencas hidrográficas. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
Criosfera o Criósfera	Todas las regiones situadas encima y debajo de la superficie terrestre y oceánica en las que el agua se halla en estado sólido, como en los hielos marinos, los hielos lacustres, los hielos fluviales, la capa de nieve, los glaciares y los mantos de hielo, así como el terreno congelado (incluido el permafrost).	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Desastre	Alteraciones severas en el funcionamiento normal de una comunidad o sociedad debido a eventos físicos peligrosos que interactúan con condiciones sociales vulnerables, lo que lleva a efectos humanos, materiales, económicos o ambientales adversos generalizados que requieren una respuesta de emergencia inmediata para satisfacer necesidades humanas críticas y que pueden requerir Apoyo a la recuperación.	IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Dióxido de carbono	Gas de origen natural, subproducto también de la combustión de combustibles fósiles procedentes de depósitos de carbono de origen fósil, como el petróleo, el gas o el carbón, de la quema de biomasa, y de los cambios de uso del suelo y otros procesos industriales (p. ej., producción de cemento). Es el principal gas de efecto invernadero antropógeno que afecta al equilibrio radiativo de la Tierra. Es el gas utilizado como referencia para medir otros gases de efecto invernadero, por lo que su potencial de calentamiento global es igual a 1.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Dipolo del Atlántico Tropical	Modo de variabilidad interanual a gran escala de la temperatura superficial del mar en el océano Atlántico.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

GLOSARIO

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Exposición	La presencia de personas, medios de subsistencia, especies o ecosistemas, servicios y recursos ambientales, infraestructura, o activos económicos, sociales o culturales en lugares que podrían verse afectados negativamente.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Evapotranspiración	Proceso por el que el agua pasa de líquido a vapor a una temperatura inferior a la del punto de ebullición.	OMM-UNESCO. (2012). Glosario Hidrológico Internacional. Organización Meteorológica Mundial, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
Factores radiativos forzantes	Perturbación impuesta externamente en el presupuesto de energía radiativa del sistema climático de la Tierra. Puede ser provocada por cambios seculares en las concentraciones de especies radiactivamente activas (por ejemplo, CO_2, aerosoles), cambios en la radiación solar incidente sobre el planeta y otros cambios que afectan la energía radiativa absorbida por la superficie.	IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Fenómeno de El Niño	Calentamiento del agua en toda la cuenca del océano Pacífico tropical al este de la línea internacional de cambio de fecha (meridiano 180°). Este fenómeno está asociado a cierta fluctuación de un patrón global de presiones en la superficie tropical y subtropical que se denomina Oscilación del Sur. Este fenómeno atmósfera-océano acoplado, cuya escala de tiempo más habitual abarca entre 2 y aproximadamente 7 años, es conocido como El Niño-Oscilación del Sur (ENOS).	IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Fenómeno de la Niña	Fase fría del ENOS. Véase Fenómeno de El Niño.	IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response... (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)
Fenómenos climáticos	Eventos o cambios en el clima suscitados de manera inusual en un sitio o región determinada.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

GLOSARIO

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Fenómenos meteorológicos	Fenómeno atmosférico que caracteriza el estado de las condiciones meteorológicas en un lugar y momento determinados. Es un fenómeno natural de la naturaleza que sucede por sí solo y puede transformarla, pueden también influir en la vida humana (epidemias, condiciones climáticas, desastres naturales, etc.).	OMM. (2017). Manual del Sistema Mundial de Observación. OMM-N° 544. Actualización 2017. Programa Regional de Meteorología. (2019). Fenómenos Meteorológicos. Retrieved from Programa Regional de Meteorología / IANIGLA - CONICET: http://www.prmarg.org/fenomenos-meteorologicos
Fenómenos hidroclimáticos extremos	Cambios en los eventos naturales relacionados con el clima y la hidrología de una región que pueden causar impactos físicos y pérdidas.	IPCC. (2013). Cambio climático 2013: Bases físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Gases efecto invernadero (GEI)	Componente gaseoso de la atmósfera, natural o antropógenos, que absorbe y emite radiación en determinadas longitudes de onda del espectro de radiación terrestre emitida por la superficie de la Tierra, por la propia atmósfera y por las nubes. Esta propiedad ocasiona el efecto invernadero. El vapor de agua (H_2O), el dióxido de carbono (CO_2), el óxido nitroso (N_2O), el metano (CH_4) y el ozono (03) son los gases de efecto invernadero primarios de la atmósfera terrestre.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Hidrosfera o Hidrósfera	Componente del sistema climático que incluye las superficies en estado líquido y las aguas subterráneas, y que abarca océanos, mares, ríos, lagos de agua dulce, aguas freáticas, etc.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Holoceno	Última de las dos épocas del sistema Cuaternario, que abarca desde hace 11.650 años hasta el presente (definido como 1950). Se conoce asimismo como etapa isotópica marina 1 o interglaciar actual.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Impactos del cambio climático	Efectos en los sistemas naturales y humanos por efectos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. Los impactos del cambio climático sobre los sistemas geofísicos, incluidas las inundaciones, las sequías y la elevación del nivel del mar, son un subconjunto de los impactos denominados impactos físicos.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

GLOSARIO

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Índice Estandarizado de Precipitación	El Standard Precipitation Index (SPI) o Índice Estandarizado de Precipitación se basa en la probabilidad de precipitación para cualquier escala temporal. Teniendo en cuenta la precipitación observada, la probabilidad de precipitación se transforma en un índice, que actualmente se utiliza en las investigaciones o en modo operativo en más de 70 países. **2,0 y más** Extremadamente húmedo **1,5 a 1,99** muy húmedo **1,0 a 1,49** moderadamente húmedo **-0,99 a 0,99** normal o aproximadamente normal **-1,0 a -1,49** moderadamente seco **-1,5 a -1,99** severamente seco **-2 y menos** extremadamente seco	OMM. (2012). Índice normalizado de precipitación Guía del usuario. Organización Meteorológica Mundial.
Inundaciones	Desbordamiento por encima de los confines normales de un arroyo u otro cuerpo de agua, o la acumulación de agua por encima de zonas que normalmente no están sumergidas. Los distintos tipos de inundaciones comprenden las fluviales, súbitas, urbanas, pluviales, de aguas residuales, costeras y de desbordamiento de lagos glaciares.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Litosfera o Litósfera	Capa superior de la parte sólida de la Tierra, tanto continental como oceánica, que abarca todas las rocas de la corteza y la parte fría, en su mayor parte elástica, del manto superior. La actividad volcánica, pese a tener lugar en la litosfera, no está considerada como integrante del sistema climático, aunque actúa como factor de forzamiento externo.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Mapas climatológicos	Representación cartográfica de la distribución geoespacial de elementos del territorio.	
Metano (NH4)	Uno de los seis gases de efecto invernadero que el Protocolo de Kyoto se propone reducir. Es el componente principal del gas natural, y está asociado a todos los hidrocarburos utilizados como combustibles, a la ganadería y a la agricultura.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Precipitación	Hidrometeoro consistente en la caída de un conjunto de partículas. Las formas de precipitación son: lluvia, llovizna, nieve, cinarra, nieve granulada, polvo de diamante o prismas de hielo, granizo y gránulos de hielo.	OMM. (2017). Manual del Sistema Mundial de Observación. OMM-N° 544. Actualización 2017.

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Precipitación mensual	Estimación de la precipitación mensual ocurrida en un sitio determinado. Véase Precipitación.	OMM. (2017). Manual del Sistema Mundial de Observación. OMM-N° 544. Actualización 2017.
Sequías	Período de condiciones anormalmente secas durante un tiempo suficiente para causar un desequilibrio hidrológico grave. El término sequía es relativo y, por tanto, ningún examen sobre déficit de precipitaciones debe referirse a la particular actividad conexa a las precipitaciones objeto de examen. Por ejemplo, la escasez de precipitaciones durante el período de crecimiento incide en la producción de los cultivos o la función de los ecosistemas en general (debido al déficit de humedad del suelo, también denominado sequía agrícola), y durante la estación de escorrentía y percolación afecta principalmente a los aportes hídricos (sequía hidrológica).	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Sensibilidad/susceptibilidad	Grado en que un sistema o especie resultan afectados, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Servicios ecosistémicos	Procesos o funciones ecológicos que tienen un valor, monetario o no, para los individuos o para la sociedad en general. Generalmente se clasifican en: 1) servicios de apoyo, por ejemplo mantenimiento de la productividad o la biodiversidad; 2) servicios de aprovisionamiento, por ejemplo de alimentos, fibra o pescado; 3) servicios de regulación, por ejemplo regulación del clima o secuestro de carbono; y 4) servicios culturales, como el turismo, o el disfrute espiritual o estético.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Sensibilidad biofísica	Grado en que un sistema biofísico de un territorio resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos. Véase Sensibilidad/susceptibilidad.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Sensibilidad socioeconómica	Grado en que un sistema socioeconómico resulta afectado, positiva o negativamente, por la variabilidad o el cambio climáticos. Véase Sensibilidad/susceptibilidad.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Sumidero de dióxido de carbono	Proceso actividad o mecanismo que sustrae de la atmósfera un gas de efecto invernadero, en este caso dióxido de carbono.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

GLOSARIO

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Temperatura del aire	Temperatura leída en un termómetro expuesto al aire, protegido de la radiación solar directa.	OMM. (2017). Manual del Sistema Mundial de Observación. OMM-N° 544. Actualización 2017.
Temperatura media mundial del aire (temperatura media global en superficie)	Estimación de la temperatura media global del aire en la superficie. Para las variaciones a lo largo del tiempo, sin embargo, se utilizan únicamente las anomalías (p. ej., las desviaciones respecto de la climatología), generalmente en forma de promedio global ponderado en área de la anomalía de temperatura superficial del mar y de la anomalía de temperatura del aire en la superficie terrestre.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.) IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Temperatura Superficial del Mar (TSM)	Temperatura másica de los primeros metros de espesor de la superficie del océano medida mediante buques, boyas o embarcaciones.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Tiempo atmosférico	Estado de la atmósfera en un instante dado, definido por los diversos elementos meteorológicos.	OMM-UNESCO. (2012). Glosario Hidrológico Internacional. Organización Meteorológica Mundial, Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura.
Troposfera o Tropósfera	Parte inferior de la atmósfera, comprendida entre la superficie y unos 10 km de altitud en latitudes medias (variando, en promedio, entre 9 km en latitudes altas y 16 km en los trópicos), donde se encuentran las nubes y se producen los fenómenos “meteorológicos”. En la troposfera, las temperaturas suelen disminuir con la altura.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Variabilidad climática	Denota las variaciones del estado medio y otras características estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) del clima en todas las escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógenos. (Variabilidad externa).	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Variabilidad climática interanual	Análisis de las variaciones del estado medio y otras características estadísticas del clima año a año. Véase Variabilidad climática.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)

GLOSARIO

Palabras/conceptos	Definición	Fuente
Variabilidad intraestacional	Análisis de las variaciones del estado medio y otras características estadísticas del clima entre estaciones climáticas. Véase Variabilidad climática.	IPCC. (2013). Cambio Climático 2013: Bases Físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes. (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)
Vulnerabilidad	Propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación. Véanse también Vulnerabilidad contextual y vulnerabilidad del resultado.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Vulnerabilidad biofísica	Propensión del sistema biofísico de un territorio a verse afectado negativamente. Véase Vulnerabilidad.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Vulnerabilidad hidroclimática	Análisis de la propensión de un territorio a verse afectado negativamente por eventos extremos relacionados con el clima y la hidrología. Véase Vulnerabilidad.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Vulnerabilidad integral	Análisis de la interacción de la vulnerabilidad socioeconómica y biofísica de un territorio, y su propensión a verse afectado negativamente. Véase Vulnerabilidad.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.
Vulnerabilidad socioeconómica	Propensión del sistema social y económico de un territorio a verse afectado negativamente. Véase Vulnerabilidad.	IPCC. (2014). Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Eds.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

OBSERVACIÓN: Las notas de pie de página, de las tablas, figuras y mapas contienen información valiosa del estudio realizado y fueron elaboradas por el CIIFEN.

BIBLIOGRAFÍA

» Alarcón H., J.C. y Pabón C., J.D. (2013). *"El Cambio Climático y la distribución espacial de las formaciones vegetales de Colombia"*. Colombia Forestal, 16, 171-185.

» Ambrizzi, T.R. (2007). *"Cenários regionalizados de clima no Brasil para o Século XXI: Projeções de clima usando três modelos regionais"*. Relatório 3. Ministério do Meio Ambiente–MMA, Secretaria de Biodiversidade e Florestas–SBF, Diretoria de Conservação da Biodiversidade–DCB. Mudanças Climáticas Globais e Efeitos sobre a Biodiversidade–Subprojeto: Caracterização do clima atual e definição das alterações climáticas para o território brasileiro ao longo do Século XXI. Brasilia.

» Batjes, N. (2010). *IPCC default soil classes derived from the Harmonized World Soil Data Base* (Ver 1.1). Report 2009/02b, World Soil Information, ISRIC, Carbon Benefits Projects (CBP) and ISRIC–World Soil Information, Wageningen (with dataset).

» Batjes, N.H. (2011). *Global distribution of soils phosphorus retention potential. Wageningen. Report, World Soil Information* (with dataset), ISRIC.

» BID, PNUD, TCA (1992). *Amazonía sin mitos*. Banco Interamericano de Desarrollo, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y Tratado de Cooperación Amazónica. Washington.

» Cabos, W. (2014). *Información de Cambio Climático y Biodiversidad para el Fomento de Políticas Públicas de Conservación y Adaptación en la Zona Andina.* Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, CIIFEN y Universidad de Alcalá. Guayaquil.

» CAN (2008). *Delimitación y codificación de cuencas hidrográficas de Bolivia aplicando la metodología de Pfafstetter.* Comunidad Andina de Naciones, Secretaría General. Cartagena.

» Casanova Olivo, E.F. (2005). *Introducción a la ciencia del suelo.* Universidad Central de Venezuela, Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico. Caracas.

» Castrillón Fernández, A.J. (2006). *"Estudo de caso sobre a soja no estado de Mato Grosso: Município de Sorriso"*. Informe no publicado. Fase. Rio de Janeiro.

» Centro Regional del Clima, CRC-CIIFEN: Banco de datos climáticos.

» CEPAL (2010). *Panorama Social de América Latina 2010.* Naciones Unidas, Santiago de Chile.

» CEPAL (2013). *Panorama Social de América Latina 2013*. Naciones Unidas, Santiago de Chile.

» CEPAL (2013a). *Anuario Estadístico de América Latina y el Caribe.* Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (LC/G.2582–P) Publicación de las Naciones Unidas E/S.14. II.G.1. Santiago de Chile.

» CEPAL (2013b). *Consenso de Montevideo sobre Población y Desarrollo* (LC/L.3697). Santiago de Chile.

» CEPAL CELADE (2014). *Los pueblos indígenas en América Latina. Avances en el último decenio y retos pendientes para la garantía de sus derechos. Síntesis*. Santiago de Chile.

» CIAT (1993). *Desarrollo rural en la Amazonia peruana*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, International Food Policy Research Institute. Washington y Cali.

» CIIFEN (2018). *Guía metodológica para el análisis de la vulnerabilidad ante eventos climáticos extremos de la cuenca del río Chinchiná.* Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño, Servicios Geoespaciales, Guayaquil, Ecuador.

» Colinvaux, P. A., De Oliveira, P. E. y Bush, M. B. (2000). *"Amazonian and neotropical plant communities on glacial time–scales: The failure of the aridity and refuge hypotheses"*. Quaternary Science Reviews, 19 (1–5):141-169. doi:10.1016/S0277-3791(99)00059-1.

» Corporación OSSO (2013). *Sistema de Inventario de Desastres: DESINVENTAR. Base de datos online*. (L. R. Corporación OSSO, Productor, y Secretaría Nacional de Gestión de Riesgo (SNGR)) Recuperado el 2014, de Base de datos mundial sobre desastres: http://www.DESINVENTAR.org/es/database.

» De Souza, E., & Ambrizzi, T. (2006). *Modulation of the intraseasonal rainfall over tropical Brazil by the Madden–Julian oscillation.* International Journal of Climatology, Royal Meteorological Society RMetS. doi:https://doi.org/10.1002/joc.1331Defensa Civil de Brasil (2014). *Sistema Integrado de Informações sobre Desastres.* Disponible en http:// s2id.mi.gov.br/.

» Defesa Civil de Brasil (2014). Sistema Integrado de Informações sobre Desastres. Disponible en http://s2id.mi.gov.br/.

» Dudley, N., Day, J., Hockings, M., Holmes, G., Laffoley, D., Stolton, S. y Wells, S. (2012). *Directrices para la Aplicación de las Categorías de Gestión de Áreas Protegidas de la UICN.* UICN. Gland.

» Edwards, D. y McKee, T. (1997). *"Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple–time scales"*. Atmospheric Science, paper 634.

» EIRD/ONU (2004). *Vivir con el Riesgo. Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres.* Secretaría Interinstitucional de la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. Naciones Unidas.

BIBLIOGRAFÍA

» Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J.L., Cochonneau, G., Naziano, F., Lavado, W. y Vauchelh, P. (2009). *"Spatio–temporal rainfall variability in the Amazon basin countries (Brazil, Peru, Bolivia, Colombia, and Ecuador)"*. International Journal of Climatology, 29 (11):1525–1703.

» Espinoza, J.C., Marengo, J.A., Ronchail, J., Molina Carpio, J., Noriega Flores, L. y Loup Guyot, J. (2014). *"The extreme 2014 flood in south–western Amazon basin: the role of tropical–subtropical South Atlantic SST gradient"*. Environmental Research Letters, 9 (12).

» ESRI (2014). *Ayuda de ArcGIS, Clasificar campos numéricos para simbología graduada.* Disponible en: http://resources.arcgis.com/es/help/main/10.2/00s5/00s50000001r000000.htm.

» FAO (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Estudio FAO riesgo y drenaje 56. Roma.

» FAO (2006a). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos.* Estudio FAO riesgo y drenaje 56. Roma.

» FAO (2006b). *Guidelines for soils description*. UN Food and Agriculture Organization. Roma.

» FAO (2007). *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Un marco conceptual para clasificación, correlación y comunicación internacional.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación, IUSS Grupo de Trabajo WRB. Roma.

» FAO (2009). *Guía para la descripción de suelos.* UN Food and Agriculture Organization. Roma.

» FAO (2013). *Cambio climático, pesca y acuicultura en América Latina. Potenciales impactos y desafíos para la adaptación.* Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Roma. Disponible en http://www.fao.org/docrep/018/i3356s/i3356s.pdf

» Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Gaistardo, C., Rojas, E. . . . y Vargas, R. (2014). *Atlas de suelos de América Latina y el Caribe*. Comisión Europea, Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo.

» Goulding, M. (1980). *The fishes and the forest. Explorations in Amazonian Natural History.* University of California Press. Berkeley.

» Hernández Jiménez, A., Ascanio García, M.O., Morales Díaz, M., Bojórquez Serrano, J.I., García Calderón, N.E.y García Paredes, J.D. (2006). *El suelo: fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo.* Universidad Autónoma de Nayarit. México.

» Houghton, R. (2005). *"Tropical deforestation as a source of greenhouse gas emission"*. En; Moutinho P. y Schwartzman, S. (eds.). Tropical Deforestation and Climate Change. Belém.

» Hudrliková, L. (2013). *Indicadores compuestos como una herramienta útil para la comparación internacional: el ejemplo Europa 2020*. (Vol. vol. 2013 (4)). (U. de Economía, Ed.) Praga: Documentos económicos de Praga.

» Ibáñez, J.J. 2008. *El Mundo Perdido de Los Tepuyes y el Escudo Guayanés: Una de las Grandes Maravillas de la Naturaleza.* Disponible en: http://www.madrimasd.org/blogs/universo/2008/02/17/84679

» IBGE (2006). *Censo Agropecuário*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasilia, Brasil.

» IBGE (2010). *Censo demográfico*. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Brasilia, Brasil.

» IDEAM (2014). *Estudio Nacional del Agua.* Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. Bogotá, Colombia.

» INE. (2012). Censo Nacional de Población y Vivienda 2012. Obtenido de http://datos.ine.gob.bo/binbol/RpWebEngine.exe/Portal?LANG=ESP

» INEI (2014). *Estado de la Población Peruana*. Instituto Nacional de Estadística e Informática. Lima, Perú.

» IPCC, 2001: *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Houghton, J.T., Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 881pp.

» IPCC, 2007: *Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra.

» IPCC (2012b). *"Resumen para responsables de políticas"* en el Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Nueva York.

» IPCC. (2013). *Cambio climático 2013 Bases físicas. Resumen para responsables de políticas. Informe del Grupo de trabajo I del IPCC, Resumen técnico y preguntas frecuentes.* (Thomas F. Stocker, Dahe Qin, Gian-Kasper Plattner, Melinda M.B. Tignor, Simon K. Allen, Judith Boschung, . . . Pauline M. Midgley, Eds.)

» IPCC. (2014). *Climate Change 2014. Impacts, Adaptation, and Vulnerability, Part A: Global and Sectoral Aspects, Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. 1132 pp. (Field, C.B, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, . . . L.L. White, Edits.) United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press, Cambridge.

BIBLIOGRAFÍA

» IPCC. (2014). *Annex II: Glossary*. Geneva, Switzerland: Mach, K.J., S. Planton and C. von Stechow, Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer.

» IPCC. (2018). In: Global Warming of 1.5°C. Glossary SR1.5. *An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response…* (J. B. (UK), V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, . . . T. Waterfield, Eds.)

» IRI (2014). *Climate Anomaly Monitoring System–Outgoing longwave radiation Precipitation Index*. Disponible en : http:// iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.NOAA/.NCEP/.CPC/.CAMS_ OPI/.v0208_old/gauge + .count/index.html

» ISDR (2008). *Albergues en escuelas, ¿cuándo?, ¿cómo?, ¿por qué?* Oficina de Naciones Unidas para la Reducción de Riesgo de Desastre. UNISDR. UNICEF. Ginebra.

» ISRIC (2011). Clasificación taxonómica del suelo. (https:// www.isric.org/).

» Jansky, B., Durand, D., Cesák, J., Engel, Z., Jakes, P., Kastner, J. . . . y Selma, L. (2008). *Los orígenes del Amazonas*. Casa Editorial Otto. Praga.

» Jong, W., Borner, J., Pacheco, P., Pokorny, B., Sabogal, C., Benneker, C . . . y Zenteno, M. (2010). *"Amazon Forests at the Crossroads: Pressures, Responses, and Challenges"*. En: Mery, G. et al. (eds.). Forests and Society–Responding to Global Drivers of Change. IUFRO World Series 25.

» Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B. y Rubel, F. (2006). "*World Map of Köppen Geiger Climate Classification updated*". Meteorol. Z., 15:259–263.

» Labat, D., Ronchail, J., Callede, J., Guyot, J., De Olivera, E. y Guimarães, W. (2004). "*Wavelet analysis of the Amazon hydrological regime variability*". Geoph. Res. Letters, 31, L02501 DOI: 10.1029/2003GL018741.

» Liebman, B. y Marengo, J. (2001). *"Interannual variability of the Rainy Season and Rainfall in the Brazilian Amazon basin"*. J. of Climate, 14, 4308–4318.

» Marengo, J.A., Liebman, B., Filizola, N.P. y Wainer, I.C. (2001). "*Onset and End of the Rainy Season in the Brazilian Amazon Basin"*. J. of Climate, 14 (3):833–852.

» Marengo, J.A. (2004). *"Interdecadal variability and trends of rainfall across the Amazon basin"*. Theor. Appl. Climatol., 78:79–96.

» Marengo, J.A. (2009). *"Long–term trends and cycles in the hydrometeorology of the Amazon basin since the late 1920s"*. Hydrol. Process., 23:3236–3244.

» Marengo, J.A., Tomasella, J., Alves, L.M., Soares, W.R. y Rodriguez, D.A. (2011a). "*The drought of 2010 in the context of historical droughts in the Amazon region"*. Geophys. Res. Lett., 38, L12703, doi:10.1029/2011GL047436.

» McKee, T.B., Doesken, N.J. y Kleist, J. (1993). "*The relationship of drought frequency and duration to time scale"*. En: Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology, Anaheim, California. American Meteorological Society. Boston.

» Naciones Unidas (2005). *Las cuestiones indígenas. Los derechos humanos y las cuestiones indígenas*. Informe del Relator Especial sobre la situación de los derechos humanos y las libertades fundamentales de los indígenas, Rodolfo Stavenhagen. Comisión de Derechos Humanos. E/ CN.4/2005/88.

» NASA (2013). *NASA's Shuttle Radar Topography Mission (SRTM), Modelo digital de elevación, 30 metros de resolución*h. Disponible en : (http:// www2.jpl.nasa.gov/srtm/ southAmerica_sp.htm)

» Nobre, C.A., Sampaio, G. y Salazar, L. (2009). "*Cenários de mudança climática em lá Amazônia y América do Sul para o final do Século XXI"*. En: Bernal–Zamudio,

» Novoa, Z. (1997). *El origen del río Amazonas*. Pontificia Universidad Católica del Perú, Centro de Investigación en Geografía Aplicada. Lima.

» Observation Service for the Geodynamical, Hydrological and Biogeochemical Control of Erosion/Alteration and Material Transport in the Amazon basin. SO HYBAM (www.ore-hybam.org).

» OFDA/CRED (2009). *International Disaster Database*. Disponible en http://www.emdat.be/country_profile/index.html, recuperado el 26 de febrero de 2015.

» Olson, D. y Dinerstein, E. (2002). "*The Global 200: Priority Ecoregions for Global Conservation"*. Ann.Missouri Bot. Gard., 89: 199–224.

» OMM. (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Organización Meteorológica Mundial. Ginebra.

» Orians, G. (1993). "*Endangered at what level*?". Ecological Applications, 3(2):206–208.

» Oviedo, B. (2011). *Caracterización de fenómenos meteorológicos*. Disponible en UNAD (Universidad Nacional Abierta y a Distancia): http://datateca.unad.edu.co/ contenidos/358026/358026/exelearning_CFM/leccin_38_- balance_hdrico.html.

» Pabón J.D. (2011). *El cambio climático en el territorio de la Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca*. Universidad Nacional de Colombia–Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. Bogotá.

» Pabón J.D. (2012). *"Base conceptual de la teoría del riesgo de desastres por fenómenos naturales"*. Notas del Seminario "Riesgos Naturales". Grupo "Tiempo, clima y sociedad". Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Humanas de la Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

» Peters, C., Gentry, A. y Mendelson, R. (1989). "*Valuation of an Amazonian rain forest"*. Nature, 339:655–656.

BIBLIOGRAFÍA

» PNUD (2008). *Producción original de mapas GEO Amazonía.* Con la colaboración técnica de UNEP/GRID–Sioux Falls y la Universidad de Buenos Aires.

» PNUD y y CATHALAC (2010). *América Latina y el Caribe. Atlas de un Ambiente en Transformación.* Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente- PNUMA, Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe, CATHALAC. Novo Art, S.A.Panamá.

» PNUD (2014). *Informe sobre Desarrollo Humano 2014.* Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Nueva York. Disponible en http://hdr.undp.org/es/content/el-%C3%ADndice-de-desarrollohumano-idh.

» Red Amazónica de Información Socioambiental Georreferenciada, RAISG (2012). *Amazonía bajo presión*. Disponible en: www.raisg.socioambiental.org.

» Revista Geográfica Digital. (2013). *Geografía de América.* El Medio Físico: Grandes Unidades Estructurales. Resúmenes. Facultad de Humanidades. UNNE.10 (19). Enero-Junio, 2013. Resistencia, Chaco. Disponible en: http://hum.unne.edu.ar/revistas/geoweb/default.htm

» Rutter, A. (1990). *Catálogo de plantas útiles de la Amazonía peruana*. ILV. Lima, Perú.

» Saad, P., Miller, T., Martínez, C. y Holz, M. (2008). *Juventud y bono demográfico en Iberoamérica.* Organización Iberoamericana de Juventud, Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Santiago de Chile.

» Salati, E. et al. (1990). "*Amazonia".* En: Turner, B.L. et al. (eds.). *The Earth as Transformed by Human Action.* Cambridge University Press. Nueva York.

» Sánchez San Román, F.J. (2001) *Evapotranspiración.* Dpto. Geología Universidad de Salamanca. Salamanca.

» Sierra, R. (ed.). (1999). *Propuesta preliminar de un sistema de clasificación de vegetación para el Ecuador continental.* Proyecto INEFAN/GEF–BIRF y EcoCiencia. Quito.

» SITEAL (2011). *La educación de los pueblos indígenas y afrodescendientes. Informe sobre tendencias sociales y educativas en América Latina*. Disponible en: Información de Tendencias Educativas en América Latina: http://www.siteal.iipe-oei.org/informe_2011.

» Skansi, M., Brunet, M., Sigro, J., Aguilar, E., Arévalo–Groening, J.A., Betancur, O.J. . . . y Jones, P.D. (2013). "*Warming and wetting signals emerging from analysis of changes in climate extreme indices over South America".* Global and Planetary Change, 100:295–307.

» Souza, E. B. y Ambrizzi, T. (2006). "Modulation of the intraseasonal rainfall over tropical Brazil by the Madden–Julian Oscillation". Int. J. Climatol., 26:1759–776.

» Sternadt, G. y Camargos, J. (1988). *Novas perspectivas de utilização da cor da madeira amazónica e seu aproveitamento comercial.* Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal. Brasilia.

» The Tropical Rainfall Measuring Mission, TRMM, en: (http://trmm.gsfc.nasa.gov/).

» The National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA NCEP CPC CAMS_OPI v2008).

» UNASUR/COSIPLAN (2011). *Agenda de Proyectos Prioritarios de Integración.* Unión de Naciones Sudamericanas. Quito.

» UNESCO (1981). "*Methods for Water Balance Computation*". Studies and Reports in Hydrology 17.

» UNESCO. (2006). *Evaluación de los Recursos Hídricos. Elaboración del balance hídrico integral*. En UNESCO, Documentos Técnicos del PHI-LAC, Nº4.

» USDA–NRCS (2010). *Claves para la Taxonomía de Suelos*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos, Servicio de Conservación de Recursos Naturales. Washington.

» USDA (2014). *Illustrated guide to soil taxonomy.* Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Soil Survey Staff. Lincoln.

» Valverde, M. y Marengo, J.A. (2011). "*Rainfall extreme events climatology over the Amazon".* Proceedings of the Global Conference on Global Warming 2011. Portugal, 11–14 de julio de 2011.

» Van der Hammen, T. y Hooghiemstra, H. (2000). "*Neogene and Quaternary history of vegetation, climate, and plant diversity in Amazonia".* Quaternary Science Review, 19 (8):725–742.

» Vasquez, R. y Gentry, A. (1989). "*Use and misuse of forest–harvested fruits in the Iquitos area*". Conservation Biology, 3(4):350–361.

» Vicente Serrano, S., Beguería, S., Lorenzo–Lacruz, J., Camarero, J., López–Moreno, J.I., Azorín–Molina, C. . . . y Sánchez–Lorenzo, A. (2012). *"Análisis Comparativo de Diferentes Índices de Sequía para Aplicaciones Ecológicas, Agrícolas e Hidrológicas*". 8° Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología. Salamanca.

» White, A. (1974). *Global Summary of Human Response to Natural Hazards: Tropical Cyclones* (Vol. Natural Hazards). (G. White, Ed.) Nueva York: Oxford University Press.

» WWF. (2014). *Living Planet Report 2014. Species and spaces, people and places.* Londres.

OTCA
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica

PROYECTO gefamazonas
RECURSOS HÍDRICOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

gef

ONU programa para el medio ambiente

Organización del Tratado de Cooperación Amazónica – OTCA
SEPN 510, Bloco A, 3º andar – Asa Norte
CEP: 70.750-521 – Brasilia- DF, Brasil
Tel.: (+55 61) 3248-41-19 | www.otca.org

Bolivia Brasil Colombia Ecuador Guyana Perú Surinam Venezuela

OTCA
Organización del Tratado de Cooperación Amazónica

PROYECTO gefamazonas
RECURSOS HÍDRICOS Y CAMBIO CLIMÁTICO

gef

ONU programa para el medio ambiente

9 788561 873356