

Análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático para la región del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)

Jorge Rodríguez Rubí



Trabajando por
un futuro productivo,
inclusivo y sostenible



Secretaría
Ejecutiva
Consejo Agropecuario Centroamericano



SICA
Sistema de la Integración
Centroamericana

Gracias por su interés en esta publicación de la CEPAL



Si desea recibir información oportuna sobre nuestros productos editoriales y actividades, le invitamos a registrarse. Podrá definir sus áreas de interés y acceder a nuestros productos en otros formatos.

Deseo registrarme



NACIONES UNIDAS



www.cepal.org/es/publications



www.instagram.com/publicacionesdelacepal



www.facebook.com/publicacionesdelacepal



www.issuu.com/publicacionescepal/stacks



www.cepal.org/es/publicaciones/apps

Análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático para la región del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)

Jorge Rodríguez Rubí



Secretaría Ejecutiva
Consejo Agropecuario Centroamericano



SICA
Sistema de la Integración
Centroamericana

Análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático para la región del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)

Jorge Rodríguez Rubí



**Secretaría
Ejecutiva**
Consejo Agropecuario Centroamericano



SICA
Sistema de la Integración
Centroamericana

Este documento fue preparado por Jorge Rodríguez Rubí, Consultor, bajo la supervisión de Jaime Olivares, funcionario de la Unidad de Desarrollo Agrícola y Cambio Climático de la sede subregional de la CEPAL en México, y Julie Lennox, Jefa de dicha Unidad, con las aportaciones de Armando Martínez y Josué Rodríguez, del Centro de Investigación de Agricultura Tropical (CIAT). El documento fue coordinado por la sede subregional de la Comisión Económica para América Latina (CEPAL) en México y la Secretaría Ejecutiva del Consejo Agropecuario Centroamericano (SE-CAC), como parte del acuerdo de cooperación entre ambas instituciones y del plan de trabajo con el Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgos (GTCCGIR) del CAC. Se agradece la valiosa labor de Estefanía Velásquez.

Se agradecen las aportaciones de Lucrecia Rodríguez, Secretaria Ejecutiva de la SE-CAC; Claudia Vallejo, Especialista en Políticas Agropecuarias, y Ricardo Montero, Coordinador Técnico Regional, así como del Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral del Riesgo de CAC, integrado por funcionarios del Ministerio de Recursos Naturales y Agricultura (MRNA) de Belice, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de Costa Rica; del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de El Salvador; del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) de Guatemala; de la Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG) de Honduras; del Ministerio Agropecuario (MAG) de Nicaragua; del Ministerio de Desarrollo Agropecuario (MIDA) de Panamá, y del Ministerio de Agricultura (MA) de la República Dominicana.

Las Naciones Unidas y los países que representan no son responsables por el contenido de vínculos, enlaces o marcadores a sitios externos incluidos en esta publicación, ni por las menciones de sociedades mercantiles o nombres comerciales de productos y servicios, y no deberá entenderse que existe adhesión a sitios, su contenido, sus responsables ni a los productos o servicios que se mencionen u ofrezcan.

Las opiniones expresadas en este documento, que no ha sido sometido a revisión editorial, son de exclusiva responsabilidad del autor y pueden no coincidir con las de la Organización o las de los países que representa.

Los límites y los nombres que figuran en los mapas de esta publicación no implican su apoyo o aceptación oficial por las Naciones Unidas.

Notas explicativas:

Los tres puntos indican que los datos faltan, no constan por separado o no están disponibles.

La raya indica que la cantidad es nula o despreciable.

La coma se usa para separar los decimales.

La palabra "dólares" se refiere a dólares de los Estados Unidos, salvo cuando se indique lo contrario.

La barra puesta entre cifras que expresen años (por ejemplo, 2022/2023) indica que la información corresponde a un período de 12 meses que no necesariamente coincide con el año calendario.

Debido a que a veces se redondean las cifras, los datos y los porcentajes presentados en los elementos gráficos no siempre suman el total correspondiente.

Publicación de las Naciones Unidas

LC/MEX/TS.2023/38

Distribución: L

Copyright © Naciones Unidas, 2023

Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Santiago

Esta publicación debe citarse como: J. Rodríguez Rubí, *Análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático para la región del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)*, (LC/MEX/TS.2023/38), Ciudad de México, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), 2023.

La autorización para reproducir total o parcialmente esta obra debe solicitarse a la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), División de Documentos y Publicaciones, publicaciones.cepal@un.org. Los Estados Miembros de las Naciones Unidas y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a la CEPAL de tal reproducción.

Índice

Mensajes clave	7
Introducción	15
I. Revisión de la literatura	21
A. Impactos del cambio climático en la agricultura y ecosistemas en los países de la región SICA	23
B. Medición de vulnerabilidad en los países de la región SICA	25
II. Vulnerabilidad agrícola en la región SICA	43
A. Sector agrícola y seguridad alimentaria.....	43
B. La escala del estudio.....	44
C. El abordaje de los temas de género en el análisis de la vulnerabilidad climática.....	45
D. Metodología.....	46
1. Sistema de indicadores para el análisis de la vulnerabilidad	46
2. Tratamiento de los datos.....	52
3. Cálculo del índice de vulnerabilidad	53
E. Resultados	56
1. Alcances de los resultados	56
2. Exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.....	56
3. Índice de vulnerabilidad actual.....	68
III. Vulnerabilidad agrícola con cambio climático en la región SICA	75
A. Escenarios de cambio climático.....	75
B. Idoneidad de los cultivos bajo escenarios de cambio climático.....	79
C. Índice de sensibilidad bajo escenarios climáticos.....	82
D. Índice de vulnerabilidad bajo escenarios climáticos	83
IV. Conclusiones y recomendaciones	87
A. Propuesta de algunos lineamientos estratégicos	87
B. Conclusiones claves	89
Bibliografía	91
Anexos	103
Anexo 1 Glosario.....	104
Anexo 2 Fuentes de información, por variable.....	106
Anexo 3 Los municipios más vulnerables en el escenario actual por país	112
Anexo 4 Los municipios más vulnerables en el escenario pesimista (RCP8.5) por país en 2050.....	116

Cuadros

Cuadro 1	Belice: análisis de vulnerabilidad en su cuarta comunicación nacional sobre cambio climático	28
Cuadro 2	Costa Rica: análisis de vulnerabilidad en su cuarta comunicación nacional sobre cambio climático	30
Cuadro 3	El Salvador: análisis de vulnerabilidad en su tercera comunicación nacional sobre cambio climático	32
Cuadro 4	Guatemala: análisis de vulnerabilidad en su tercera comunicación nacional sobre cambio climático	35
Cuadro 5	Honduras: análisis de vulnerabilidad en su tercera comunicación nacional sobre cambio climático.	36
Cuadro 6	Nicaragua: análisis de vulnerabilidad en su cuarta comunicación nacional sobre cambio climático.	37
Cuadro 7	Panamá: análisis de vulnerabilidad en su cuarta comunicación nacional sobre cambio climático.	38
Cuadro 8	República Dominicana: análisis de vulnerabilidad en su tercera comunicación nacional sobre cambio climático.....	39
Cuadro 9	Valores atribuidos a las diferentes categorías de los indicadores	53
Cuadro 10	Valores promedios de los índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa por categoría de vulnerabilidad	58
Cuadro 11	Supuestos de los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5	77

Gráficos

Gráfico 1	Relación del índice de exposición y de vulnerabilidad	56
Gráfico 2	Relación del índice de sensibilidad y de vulnerabilidad	57
Gráfico 3	Relación del índice de capacidad adaptativa y de vulnerabilidad.....	58
Gráfico 4	Relación del índice de vulnerabilidad actual agrícola y el índice de vulnerabilidad agrícola con el escenario pesimista, 2030.....	84
Gráfico 5	Relación del índice de vulnerabilidad actual agrícola y el índice de vulnerabilidad agrícola con el escenario pesimista, 2050.....	84
Gráfico 6	Relación del índice de vulnerabilidad agrícola con el escenario pesimista, 2030 y 2050.....	85

Diagramas

Diagrama 1	Impactos y consecuencias del cambio climático sobre la seguridad alimentaria y nutricional.....	18
Diagrama 2	Interacciones y tendencias del riesgo en el contexto del cambio climático.....	22
Diagrama 3	Rangos y clasificación del impacto a la idoneidad agrícola por temperatura.....	49
Diagrama 4	Rangos y clasificación del impacto a la idoneidad agrícola por precipitación	50
Diagrama 5	Resumen de metodología del cálculo del índice de vulnerabilidad.	55

Mapas

Mapa 1	Centroamérica y República Dominicana: indicador de exposición a huracanes y tormentas tropicales.....	59
Mapa 2	Centroamérica y República Dominicana: indicador de exposición a inundaciones.....	60
Mapa 3	Centroamérica y República Dominicana: indicador de exposición a sequías.....	61
Mapa 4	Centroamérica y República Dominicana: índice de exposición	62
Mapa 5	Centroamérica y República Dominicana: indicador de idoneidad de los cultivos agrícolas a las condiciones actuales de temperatura y precipitación para sensibilidad	63
Mapa 6	Centroamérica y República Dominicana: indicador de cobertura forestal para la sensibilidad	63
Mapa 7	Centroamérica y República Dominicana: índice de sensibilidad en el escenario actual	64
Mapa 8	Centroamérica y República Dominicana: indicador de pobreza para la capacidad adaptativa.....	65
Mapa 9	Centroamérica y República Dominicana: indicador de cobertura de agua potable para la capacidad adaptativa.....	66
Mapa 10	Centroamérica y República Dominicana: indicador de accesibilidad a caminos para la capacidad adaptativa	67
Mapa 11	Centroamérica y República Dominicana: índice de capacidad adaptativa.....	68
Mapa 12	Centroamérica y República Dominicana: índice de vulnerabilidad de la agricultura en el escenario actual	69
Mapa 13	Centroamérica y República Dominicana: precipitación y temperatura, 1989-2018 (actual), y escenarios de cambio climático moderado y pesimista, 2030 y 2050	78
Mapa 14	Centroamérica y República Dominicana: cambio en la idoneidad del plátano, con las condiciones de temperatura y precipitación actual y con escenario pesimista de cambio climático en 2050.....	80
Mapa 15	Centroamérica y República Dominicana: cambio en la idoneidad del arroz, con las condiciones de temperatura y precipitación actual y con escenario pesimista de cambio climático en 2050.....	80
Mapa 18	Centroamérica y República Dominicana: índice de sensibilidad actual y con escenario moderado y pesimista de cambio climático, 2030 y 2050	82
Mapa 19	Centroamérica y República Dominicana: índice de vulnerabilidad actual de la agricultura y con escenario moderado y pesimista de cambio climático, 2030 y 2050	86

Mensajes clave

La actividad agropecuaria en los países de la región del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) enfrenta diversas amenazas meteorológicas exacerbadas por el cambio climático. Eventos climáticos extremos como huracanes, tormentas tropicales, sequías y otros estragos del fenómeno El Niño-La Niña han provocado pérdidas agrícolas cuantiosas en la región. La región ha experimentado una tendencia a una mayor frecuencia de tormentas y huracanes, el año 2020 se alcanzó el récord de 30 eventos en el Atlántico de los que nueve tocaron tierra en los países SICA o pasaron cerca de sus costas. A pesar de esta tendencia la ciencia aún no ha atribuido al cambio climático una mayor cantidad de eventos ni su mayor intensidad por falta de información sin aún descartarlo. Los eventos de sequía también han incrementado su incidencia y su duración en la región principalmente en el Corredor Seco Centroamericano para estos eventos la ciencia esta cierta de que el cambio climático ha aumentado el número de eventos y su duración.

El cambio climático es otra amenaza sobre la actividad agrícola. El ciclo productivo de los cultivos se está viendo afectado directamente por cambios en el patrón de lluvia y aumento de la temperatura que tiene como consecuencia mayor evapotranspiración, cambios graduales de los niveles de humedad y aridez y cambios en el comportamiento de plagas y enfermedades. Entre los impactos indirectos del cambio climático que inciden sobre la agricultura se tiene la pérdida de servicios ecosistémicos como la regulación del clima y los ciclos hídricos locales, la polinización y el control de plagas.

Estos cambios y variaciones en el clima tienen efectos sobre la fenología de los cultivos cíclicos y permanentes. Los ciclos y fechas de siembra, cultivo y cosecha están acoplados cercanamente al patrón histórico de lluvia y temperatura. En el caso de los cultivos cíclicos este patrón del clima se ha aprovechado para obtener dos o tres cosechas en algunas zonas de la región. Algunos de estos cultivos ocupan una gran proporción de la superficie sembrada de la región como el maíz, el frijol y el arroz, que son vitales para la seguridad alimentaria y nutricional que en su mayoría está en manos de pequeños productores, la mayoría de los cuales vive en condiciones de pobreza con acceso limitado a servicios sociales y económicos. No obstante, custodian un importante acervo de agrobiodiversidad y práctica de producción relativamente sostenibles y adecuadas a las condiciones locales. Estas características los hacen actores clave de la respuesta al cambio climático, pero al mismo tiempo los hacen muy vulnerables a su impacto (CEPAL/CAC-SICA, 2013).

El tamaño del impacto del cambio climático y de otras amenazas climáticas y meteorológicas depende de la vulnerabilidad de la producción y de los productores, a lo cual contribuyen su situación socioeconómica, los insumos y las tecnologías utilizadas, la disponibilidad de agua, la fertilidad del suelo y el nivel de organización, entre otros factores. De continuar con el aumento de la temperatura y los cambios en el patrón de lluvias en las próximas

décadas se seguirá magnificando la exposición y la fragilidad de los cultivos y empeorará su vulnerabilidad en los países de la región SICA.

Para hacer frente a los diferentes elementos que componen la vulnerabilidad del sector agropecuario es necesario contar con herramientas que caractericen la vulnerabilidad del sector en todos sus aspectos. Estas herramientas ayudaran a identificar las mejores medidas de adaptación al cambio climático que no solo competen a los productores agrícolas o los tomadores de decisión del sector sino a otros sectores que se verían beneficiados y que también pueden incidir en la reducción de sus vulnerabilidades socioeconómicas.

Esta publicación tiene el objetivo de evidenciar, con datos y mapas, la vulnerabilidad agrícola al clima y en específico con escenarios de cambio climático en períodos futuros para la región de los países SICA. Este análisis de la vulnerabilidad agrícola obedece a la necesidad de revisar y actualizar los estudios existentes en los países y generar un índice de vulnerabilidad regional siendo este un insumo para promover la discusión de las estrategias y políticas de adaptación a nivel regional, nacional y local por parte de las partes interesadas.

La Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y el Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) de los Ministerios de Agricultura de los países miembros del SICA tienen un programa de trabajo en el que se contribuye a la implementación de políticas públicas de Agricultura Sostenible y Adaptada al Clima (ASAC) y seguridad alimentaria y nutricional (SAN). Este programa incluye el análisis y fortalecimiento de capacidades técnicas con respecto a los impactos potenciales del cambio climático y opciones de respuesta, el desarrollo de seguros agropecuarios con gestión integral de riesgo, el fortalecimiento de sistemas de información y la generación de capacidades técnicas para su manejo y utilización en el diseño y evaluación de políticas.

En este marco de trabajo la CEPAL y el CAC acordaron realizar un análisis regional de vulnerabilidad agrícola al cambio climático. Este es el primer análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático para toda la región SICA. En su elaboración se contó con las aportaciones y las revisiones de la SE-CAC y de los delegados de su Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo (GTCCGIR).

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) define la vulnerabilidad como la propensión o predisposición a ser afectado negativamente y abarca una variedad de conceptos y elementos, incluida la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse. La vulnerabilidad difiere dentro de las comunidades y entre sociedades, regiones y países, y también cambia a lo largo del tiempo (IPCC, 2022). El identificar la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos es un elemento básico para reducir los impactos del cambio climático y por consecuencia el riesgo.

En los países de la región SICA se han elaborado análisis de vulnerabilidad a nivel nacional basados en la revisión de indicadores biofísicos y sociales como un primer acercamiento para determinar categorías de vulnerabilidad (MiAmbiente, 2021), aunque sin analizar su interconexión y sin relacionar el cambio climático y su impacto en un sector específico, lo que supone una primera dificultad para determinar estrategias de adaptación. Otros estudios se centran en sectores diferentes al de la agricultura, pero arrojan datos interesantes sobre el impacto del clima (Peña y otros, 2022).

Los países que forman parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) deben informar sobre los avances de los objetivos de la Convención. Entre la información que deben reportar es la de sus vulnerabilidades a los efectos adversos al cambio climático. Centroamérica y la República Dominicana han hecho esfuerzos para hacer y reportar evaluaciones de vulnerabilidad al cambio climático en sus comunicaciones nacionales. En estos análisis solo El Salvador y Panamá incorporan los escenarios de cambio climático. Otro grupo de países analizaron su vulnerabilidad frente a amenazas como el aumento del nivel mar, acidificación del océano, tormentas y huracanes, inundaciones, aumento de la temperatura, cambios en la precipitación, deslizamientos, incendios, sequías y tierras degradadas. Las metodologías difieren en el sentido en que algunos analizaban solo la exposición, otro grupo de países incluía su vulnerabilidad socioeconómica como componente de capacidad adaptativa y la sensibilidad al clima es analizada de una manera descriptiva.

En general los análisis fueron hechos por sectores o sobre los sistemas naturales. Honduras, Nicaragua, Panamá y la República Dominicana hicieron una medición de la vulnerabilidad general. Con excepción de Belice, los análisis fueron hechos a nivel nacional caracterizando la vulnerabilidad por municipio o regiones. El Salvador y la República Dominicana incorporan en el índice de vulnerabilidad los componentes de la exposición, la sensibilidad y la capacidad adaptativa definidos en el IPCC. El análisis de vulnerabilidad del sector agropecuario fue hecho por Belice para seis cultivos, Costa Rica realizó una descripción de los impactos potenciales en el sector, El Salvador analiza la vulnerabilidad para el corredor seco oriental en el escenario de cambio climático extremo RCP8.5 y la República Dominicana analiza la vulnerabilidad del sector frente a la sequía e inundaciones sin cambio climático.

Un primer trabajo de vulnerabilidad agrícola regional fue elaborado por Bouroncle y otros (2015) quienes mapearon la capacidad adaptativa y la vulnerabilidad de los medios de vida agrícola de los pequeños productores. Los autores utilizaron la definición de vulnerabilidad del IPCC y evaluaron el impacto del cambio climático sobre la idoneidad de los principales cultivos y como capacidad de adaptación utilizaron indicadores de necesidades humanas básicas, así como recursos para la innovación y la acción como un enfoque de medios de vida. La idoneidad actual fue elaborada para el período 1960-2000 con datos del clima del Worldclim y con escenarios de cambio climático para el período 2020-2049 usando 24 modelos de circulación general en el escenario intermedio A1B del cuarto informe del IPCC. Este mapeo incluye Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua a nivel municipal con el objetivo de identificar clústeres de capacidad adaptativa e identificar medidas.

El índice de vulnerabilidad para este documento fue elaborado a partir de tres índices compuestos: el índice de exposición, índice de sensibilidad e índice de capacidad adaptativa. Cada índice fue elaborado a nivel municipal y se categorizó en cinco rangos menos, bajo, medio, alto y mayor. El índice de exposición se construyó con tres indicadores que incluyen la frecuencia de inundaciones, un indicador de huracanes y tormentas —elaborado a partir de la trayectoria de estos eventos— y frecuencia de sequías. Para este índice se le dio un peso de 0,6 a las sequías como un factor que tiene mayor impacto en la agricultura y un mismo peso de 0,2 a las tormentas e inundaciones.

El índice de sensibilidad incluye los indicadores de cobertura forestal por municipio, idoneidad de un grupo de cultivos por temperatura y precipitación. Los cultivos que fueron considerados para este estudio por su importancia y por ser accesibles en la recopilación de información son el maíz, frijol, arroz de secano, café, yuca, plátano, sorgo, cacao y la ganadería. Se tomo en cuenta las condiciones del clima para el período 1989-2018. La ponderación fue mayor para la idoneidad por temperatura (0,35) y precipitación (0,35) y después la cobertura forestal (0,3).

El índice de capacidad adaptativa se elaboró con un indicador de porcentaje de pobreza rural, con un indicador de accesibilidad que se refiere a la facilidad de trasladarse por parte de la población desde un punto hacia los centros de servicios básicos y un indicador de cobertura de agua. La mayor ponderación fue para los niveles de pobreza (0,4) y para el indicador de accesibilidad a caminos (0,4) y con menor peso a la cobertura de agua (0,2). El índice de vulnerabilidad se calculó sumando el índice de exposición y sensibilidad menos el índice de capacidad adaptativa para cada municipio. Se determinó dar un mayor peso al índice de exposición para que los resultados fueran consistentes con las zonas más vulnerables reportadas en cada país.

Las ponderaciones de todos los índices fueron consultadas con el GTCCGIR del CAC quienes dieron su visto bueno. Solo el delegado de Nicaragua expresó que en el índice de exposición hay más afectación por huracanes y tormentas que por sequías. Sin embargo, al ser un índice regional debe haber un acuerdo general sobre estos pesos pues la elaboración de cada índice debe tener las mismas características metodológicas para que sea comparable. En este caso se recomienda tomar en cuenta esta observación en los análisis nacionales de vulnerabilidad.

Los resultados muestran mayor exposición en el Corredor Seco Centroamericano y coinciden con la incidencia de sequías, así como en las zonas norte y oriente de la República Dominicana. Las zonas con menor exposición son los municipios del Caribe y el altiplano de Guatemala. En los resultados del índice de sensibilidad la mayor fragilidad se encuentra en el norte de Centroamérica en el corredor seco y en diversas regiones de Guatemala y Honduras donde predomina la producción de los granos básicos. La República Dominicana también tiene sensibilidad alta y mayor en gran parte de su territorio. Por otro lado, estas zonas con mayor exposición y sensibilidad muestran un índice más favorable de capacidad adaptativa pues hay mejor cobertura de agua, mejor conectividad por caminos y menores niveles de pobreza rural.

El resultado de vulnerabilidad agrícola con las condiciones climáticas actuales muestra un nivel de vulnerabilidad alta en municipios que pertenecen al corredor seco principalmente. Y se tendrían dos municipios con mayor vulnerabilidad agrícola en Guatemala, cuatro en Honduras y seis en Nicaragua. La menor vulnerabilidad la encontramos en el altiplano de Guatemala, el Caribe de Guatemala, Honduras y Nicaragua, el centro de Costa Rica y en gran parte de Panamá. La República Dominicana, Nicaragua y Belice tendrían una mayor cantidad de su territorio con los niveles más altos de vulnerabilidad.

Este estudio incluye el análisis de vulnerabilidad con escenarios de cambio climático para dos períodos futuros con el propósito de anticipar las consecuencias del aumento de temperatura y los cambios en precipitación. De cumplirse los escenarios de cambio climático modificarían la idoneidad de los cultivos y por tanto el índice de vulnerabilidad. Para ello se

utilizaron dos escenarios de cambio climático el SSP2-4.5 (moderado) y el SSP5-8.5 (extremo) para 2030 (2021-2040) y 2050 (2041-2060) reportados en el sexto informe (AR6) del IPCC. Se utilizó un ensamble de cinco modelos climáticos elegidos de acuerdo con distintas evaluaciones de comportamiento en sus simulaciones en el pasado y el futuro. Se toma como supuesto que no se modificaría la frecuencia de sequías y de los huracanes y tormentas por el cambio climático además de que no se realizarían medidas adicionales de adaptación al cambio climático. Por lo que los resultados se pueden interpretar como cambios en la vulnerabilidad agrícola por el cambio climático si el resto de los indicadores permanecen constantes.

Bajo el escenario extremo de cambio climático la superficie óptima y marginal para el cultivo de los productos seleccionados en este estudio se vería ampliamente disminuida para 2050. Destaca la reducción en los cultivos de café y arroz que permanecería de forma marginal en zonas altas y óptima en las regiones con menor temperatura y altitud. Estos cambios en la idoneidad modificarían de manera importante el índice de sensibilidad ya que muy pocos municipios permanecerían con la categoría de menor sensibilidad desde 2030 aún en el escenario moderado de cambio climático. En 2050 en el escenario extremo de cambio climático gran parte de los municipios de Belice, Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y la República Dominicana tendrían una sensibilidad agrícola al cambio climático alta y mayor.

Por tanto, los resultados de vulnerabilidad agrícola nos dan un número más grande de municipios en la región SICA en la clasificación de mayor vulnerabilidad si no se modifica la capacidad adaptativa y se realizan medidas de adaptación. Se tendría un mayor número de municipios con la categoría de mayor vulnerabilidad desde 2030 en ambos escenarios. Habría municipios entre vulnerabilidad media y mayor en gran parte de Honduras, Nicaragua, Costa Rica y la República Dominicana.

Estos resultados deben revisarse por municipio e identificar el origen de su vulnerabilidad, si es por exposición, sensibilidad o capacidad adaptativa y con ello proponer las medidas de adaptación más apropiadas. En el caso de la sensibilidad se debe identificar el grado de idoneidad de cada cultivo o en algunos casos identificar las zonas donde es limitado los cultivos que puede ser producidos para tomar acciones de mayor impacto para mejorar la seguridad alimentaria de la población.

Entre las acciones que se pueden impulsar son las de fomentar el ordenamiento territorial, uso de prácticas de agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC), impulsar el aseguramiento de los productores, gestionar el agua para la agricultura, gestionar y socializar el conocimiento y la información, aumentar la capacidad adaptativa de la población, generar indicadores de género para identificar la vulnerabilidad de la mujeres a cargo de la producción y promover empleos alternativos en zonas críticas.

Las instituciones nacionales de ambiente, agricultura y otros tomadores de decisión han expresado la necesidad de contar con índices de vulnerabilidad para incrementar la conciencia, el conocimiento, la capacidad de construir nuevas políticas, comprender las condiciones en las que se encuentran los puntos críticos de riesgo, implementar estrategias para medidas de adaptación y fortalecer las capacidades locales para enfrentar los desafíos del cambio climático. Este análisis regional puede ser un punto de partida para los esfuerzos nacionales de generar un índice de vulnerabilidad agrícola que incluya los diferentes componentes que define el IPCC que son la exposición, la sensibilidad del sector y la capacidad adaptativa de los productores.

Este estudio es un primer esfuerzo en la construcción regional de un índice de vulnerabilidad y es necesario fortalecerlo con otros indicadores que cumplan las condiciones de ser cuantificables, medibles, accesibles y concretos para garantizar su comparabilidad a nivel regional.

Es necesario la participación de los Ministerios de Agricultura en la construcción de estos índices, pues su conocimiento es fundamental en la sensibilidad de los cultivos al clima y en las condiciones de capacidad adaptativa de los productores.

Resumen

Esta publicación proporciona un análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático en los países de la región SICA a nivel municipal. Este es la primera construcción de un índice de vulnerabilidad agrícola para los ocho países de la región. El análisis sigue la metodología del Panel Intergubernamental de Cambio Climático en la que la vulnerabilidad debe ser construida sumando la exposición y la sensibilidad y restando la capacidad adaptativa. Los indicadores que se incluyen en cada componente son la frecuencia de sequías, inundaciones y huracanes y tormentas para exposición; la idoneidad a las condiciones de temperatura y precipitación del período 1989-2018 de un grupo de cultivos seleccionados y la cobertura forestal para la sensibilidad; y los niveles de pobreza, cobertura de agua y acceso a caminos para la capacidad adaptativa. El resultado es un índice de vulnerabilidad agrícola con las condiciones climáticas actuales.

El documento incluye el índice de vulnerabilidad agrícola utilizando dos escenarios de cambio climático uno moderado (SSP2-4.5) y otro extremo (SSP5-8.5) del sexto reporte del IPCC para los períodos 2021-2040 y 2041-2060. Los resultados muestran cambios importantes en la idoneidad de los cultivos en zonas específicas con respecto al período actual y por tanto un incremento de la sensibilidad y en la vulnerabilidad del sector si no se incluyen medidas de adaptación. Este estudio significa un primer esfuerzo en la elaboración de este tipo de herramientas y se debe hacer un análisis por cada municipio para identificar los factores que componen su nivel de vulnerabilidad para proponer las mejores medidas de adaptación.

En este documento colaboraron la Secretaría Ejecutiva del Consejo Agropecuario Centroamericano (SE-CAC) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Contó con la revisión y los comentarios del Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral del Riesgo (GTCCGIR) del CAC. Forma parte del programa de trabajo conjunto de la CEPAL y la SE-CAC, y constituye un insumo para alcanzar los objetivos de adaptación al cambio climático de la agricultura a nivel regional.

Introducción

Este documento surge del plan de trabajo de la CEPAL con el CAC/SICA con el fin de informar sobre la vulnerabilidad del sector agropecuario en las condiciones climáticas actuales y con escenarios de cambio climático en los países de la región SICA. Los resultados pueden ser un punto de referencia para el cálculo de vulnerabilidad a nivel nacional de los países además son aplicables para proponer políticas e iniciativas de adaptación regionales.

El objetivo es analizar la vulnerabilidad agrícola al cambio climático para la región SICA utilizando una misma metodología y las mismas variables. Con el análisis presentado se busca evidenciar con datos y mapas la vulnerabilidad agrícola actual y con escenarios de cambio climático en Centroamérica y la República Dominicana. La información georreferenciada de las diferentes variables y componentes de la vulnerabilidad ayuda a la toma de decisiones de política pública así como del diseño de las acciones de adaptación para responder de una forma informada a las necesidades de la población, principalmente aquella que depende del sector agropecuario, ante el cambio climático.

El sector agrícola depende de las condiciones climáticas en la región de Centroamérica y el Caribe ya que buena parte de la producción se efectúa bajo condiciones de secano y el éxito o fracaso de la cosecha depende principalmente de la variabilidad climática, especialmente de las precipitaciones (Rapidel y Rodríguez, 1990). La producción de granos básicos, maíz, frijol y arroz esta acoplada con el patrón intraanual de temperatura y lluvia, permitiendo dos y hasta tres siembras en algunas zonas (CEPAL/CAC-SICA, 2013). Un año con buenas precipitaciones, representa un año de buenas cosechas de granos básicos y por el contrario un año con precipitaciones deficientes e irregulares o excesivas, representa una afectación severa en los rendimientos.

A pesar de que la participación del sector primario¹ se ha reducido en las últimas décadas, aún tiene una proporción importante en la economía de Nicaragua donde representa el 16% del producto interno bruto (PIB), en Honduras el 10%, en Guatemala el 9% y en Belice el 7%, y con una menor participación en El Salvador y la República Dominicana donde el sector aporta el 5% del PIB, en Costa Rica el 4% y en Panamá menos del 3%. Además de los alimentos que proporciona a la población, la actividad agropecuaria también es importante por el número de personas que dependen del sector. De acuerdo con las últimas encuestas de hogares de los países de la región, en Panamá el 15,7% de la población ocupada total estaba empleada en la agricultura, el 11,1% en Costa Rica y el 8% en la República Dominicana en 2021; el 15,8% en El Salvador en 2020, el 29,5% en Honduras en 2019 y el 33% en Guatemala, y el 31,4% en Nicaragua en 2014 (CEPAL, 2023).

¹ Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca.

La mayor parte de la producción de Centroamérica y de la República Dominicana está en manos de pequeños productores, la mayoría de los cuales vive en condiciones de pobreza con acceso limitado a servicios sociales y económicos. Los eventos climáticos extremos como huracanes, tormentas tropicales, sequías y otros estragos del fenómeno El Niño-La Niña, han provocado pérdidas agrícolas cuantiosas en la región. Su impacto depende también de la vulnerabilidad de la producción y de los productores mismos, a lo cual contribuye su situación socioeconómica, los insumos y las tecnologías utilizadas, la disponibilidad de agua y sistemas de riego, administración de riesgos, manejo de plagas, la fertilidad del suelo y el nivel de organización, entre otros factores (CEPAL/CAC-SICA, 2013).

De acuerdo con la evaluación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Eta y el huracán Iota, ocurridos en 2020, en Honduras el sector agropecuario representó el 7,7% del total de los daños², el 24,5% del total de pérdidas³ para 2020 y el 26,7% de las pérdidas en 2021 por efecto de estos eventos. En estos eventos, el 88% de los daños del sector agrícola se concentraron en los cultivos del café (49%), banano (27%), plátano (7%) y caña de azúcar (5%); en el caso de las pérdidas de 2020 por reducción de superficie cosechada o de activos agropecuarios fueron en frijol (43%), banano (14%), café (10%), arroz (10%), maíz (8%), plátano (3%) y caña de azúcar (3%); y el 90% de las pérdidas de 2021 se concentraron en banano, palma africana y café (CID/CEPAL, 2021). El huracán Mitch de 1998, que ha sido el de mayor impacto en la región en las últimas décadas, dejó grandes pérdidas en el sector agropecuario y que representaron el 69% de las pérdidas económicas totales en Costa Rica, el 41% en El Salvador, el 67% en Guatemala, el 54% en Honduras y el 19% en Nicaragua (CEPAL y otros, 2011).

En Centroamérica una alta proporción de eventos de sequía se han presentado en todo el territorio, especialmente en el Corredor Seco Centroamericano, que se caracteriza por estar severamente afectado por un fenómeno cíclico de sequía en la vertiente del Pacífico que cruza todos los países (CEPAL/CAC-SICA, 2020). La última sequía de gran impacto en la región fue la ocurrida en 2014-2015, de acuerdo con los registros en Costa Rica se perdieron 2.118 hectáreas (ha) en 2014 de las que el 65% correspondió al cultivo del maíz y el 29% al arroz. En El Salvador se perdieron 8 millones de quintales de granos básicos en 165.000 manzanas en 2014; en Guatemala se perdió el 80% de la siembra de maíz y el 63% de la del frijol en el mismo año. En Honduras los reportes señalan pérdidas del 70% de los cultivos de maíz y el 45% de frijol principalmente de pequeños productores en 2014; en Nicaragua se perdió el 21% de la superficie sembrada de maíz y el 31% de frijol; y en Panamá se redujo en el 50% la producción de arroz (GWP Centroamérica, 2016).

² Los daños en las metodologías DaLA (evaluación de pérdidas y daños) son las afectaciones en términos monetarios que sufren los acervos de cada sector durante un siniestro. Estos ocurren durante el evento que causa el desastre. En el sector agricultura los daños pueden ser en su infraestructura (silos y almacenes, Sistema de riego y drenaje, instalaciones y equipos de riego y caminos y puentes en el interior de la finca), y en las tierras (procesos erosivos hídricos, desertificación, sedimentación en tierras planas, salinización progresiva, deslizamientos de tierras inclinadas) (CEPAL, 2014).

³ Las pérdidas en la metodología DaLA constituyen los flujos que se alteran como consecuencia del desastre. Son los bienes que se dejan de producir y servicios que se dejan de prestar durante un lapso que se inicia tan pronto ocurre el desastre y se prolonga hasta que se alcanza la recuperación y la reconstrucción total (CEPAL, 2014). En agricultura se refiere a los cultivos que se dejan de producir por la pérdida de superficie cosechada y daños para el siguiente ciclo principalmente en cultivos permanentes.

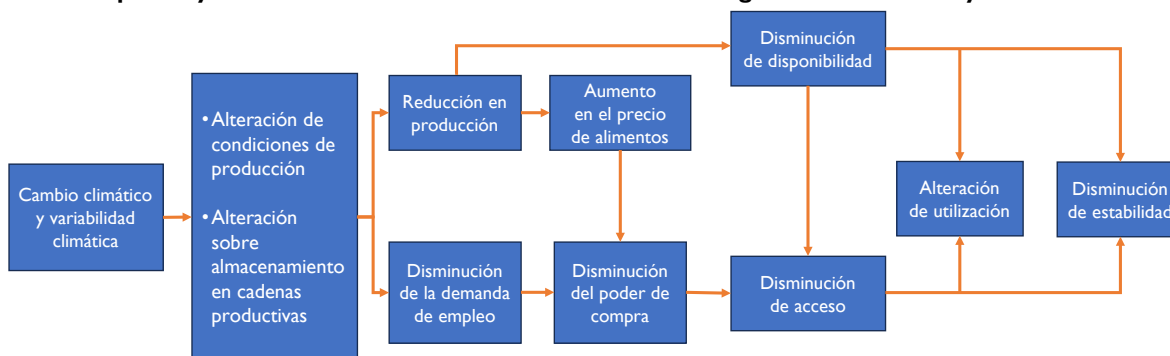
El cambio climático está magnificando los factores que definen la vulnerabilidad. Los aumentos de temperatura y los trastornos del ciclo hidrológico están afectando la evapotranspiración y precipitación, modificando la frecuencia y duración de las sequías, con efectos directos en la demanda de riego. Otras consecuencias esperadas serían el cambio en la distribución de plagas y enfermedades y la aparición de especies invasoras a causa de las sequías prolongadas y por los incrementos constantes de temperatura. El aumento de la evapotranspiración tendría como consecuencia aumento de las condiciones de aridez o pérdida de humedad del suelo (CEPAL/CAC-SICA, 2013).

El resultado de estos impactos son reducciones en los rendimientos y en la producción agrícola, así como pérdida de aptitud agrícola del suelo. Estimaciones señalan que los rendimientos del maíz en Centroamérica podrían reducirse en un 8% en 2030 (2026 a 2035) con respecto al período 2001-2009 en el escenario extremo de cambio climático del cuarto informe del IPCC (AR4) y caerían el 16% en 2050 (2046-2055); los rendimientos de frijol bajarían el 10% y el 17% en el mismo escenario extremo y mismos períodos respectivamente; los rendimientos del arroz tendrían una reducción del 12% y el 23%, respectivamente, en los mismos períodos. Los rendimientos de café bajarían el 9% y el 18% también en los mismos períodos y en el escenario extremo de cambio climático (CEPAL/CAC-SICA, 2013 y 2014).

El sector agrícola tendría efectos indirectos por el impacto del cambio climático, como la presión sobre los ecosistemas, que contribuyen a la producción agropecuaria con múltiples servicios, incluyendo la regulación de climas locales, la polinización y el control de plagas (CEPAL/CAC-SICA, 2013). En Centroamérica la mayor proporción de bosques en 2005 era de tipo húmedo tropical (44%) y húmedo montano bajo tropical (21%) y con el escenario más extremo de cambio climático la proporción de bosque húmedo tropical aumentaría al 49% en 2050 y se reduciría el de bosque húmedo montano bajo tropical al 10%, mientras que el bosque seco tropical sería el segundo con mayor proporción en un 21%. Algunas estimaciones señalan que tiene un mayor valor por hectárea el bosque húmedo montano bajo tropical con respecto a el bosque húmedo tropical y el bosque seco tropical, por servicios ecosistémicos como provisión, regulación, soporte y cultura, incluye la regulación del clima y la producción agrícola sostenible (CEPAL y otros, 2012).

El aumento de las condiciones de vulnerabilidad del sector agrícola en Centroamérica y la República Dominicana se traduce en un aumento de la inseguridad alimentaria de las familias productoras rurales de autoconsumo. Los efectos económicos, sociales y ambientales del cambio climático impactan todos los componentes del sistema alimentario y nutricional, así como sus dimensiones. Además de los impactos en las condiciones de producción, el cambio climático puede afectar las condiciones de almacenamiento y distribución de alimentos. Como consecuencia hay una reducción en la producción, con ello disminuye el ingreso y el empleo de las familias rurales, y aumenta el precio de producción de los alimentos. Las familias rurales se ven afectadas porque el ingreso proveniente de la agricultura no solo es utilizado para comprar alimento, sino también para tener acceso a servicios de salud y educación. Las familias rurales se ven orilladas a consumir alimentos poco nutritivos, a tener una dieta poco variada, y a migrar a las ciudades (CEPAL y otros, 2018) (véase el diagrama 1).

Diagrama I
Impactos y consecuencias del cambio climático sobre la seguridad alimentaria y nutricional



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional, América Latina y el Caribe (orientación de política)*, Santiago, 2016 [en línea] <https://www.fao.org/3/i6311s/i6311s.pdf>.

El grupo de trabajo II del sexto informe de evaluación del IPCC (AR6) reafirma esta cadena de impactos y señala que los impactos del cambio climático están estresando la agricultura, la silvicultura, la pesca y la acuicultura, dificultando cada vez más los esfuerzos para satisfacer las necesidades humanas. El AR6 refiere que los impactos sobre la disponibilidad y la calidad nutricional de los alimentos en Centroamérica aumentarán el número de personas en riesgo de padecer hambre, malnutrición y mortalidad relacionada con la dieta. De igual forma, el reporte resalta que las regiones con poblaciones más jóvenes, entre ellas Centroamérica, son muy vulnerables a los efectos del cambio climático y dependen de la agricultura, la silvicultura, la acuicultura y la pesca como medio de vida (Bezner y otros, 2022).

A partir de 2012 se estableció un programa de trabajo técnico entre la CEPAL y el Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) de los Ministerios de Agricultura de los países miembros del SICA, ejecutado con su Secretaría Ejecutiva (SE-CAC) y su Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo (GTCCGIR) y con una colaboración estrecha con el Grupo Interagencial de Apoyo, que incluye a la FAO, IICA, CCAFS-CIAT y CATIE, entre otras instituciones.

En el programa de trabajo del CAC y la CEPAL, aprobado en el Consejo de Ministros de Agricultura, se acordó contribuir a la implementación de políticas públicas de Agricultura Sostenible y Adaptada al Clima (ASAC) y seguridad alimentaria y nutricional (SAN); continuar con el análisis y fortalecimiento de capacidades técnicas con respecto a los impactos potenciales del cambio climático y opciones de respuesta; el desarrollo de seguros agropecuarios con gestión integral de riesgo; el fortalecimiento de sistemas de información y la generación de capacidades técnicas para su manejo y utilización en el diseño y evaluación de políticas, todo lo cual debía ser orientado al desarrollo de instrumentos de política y aplicaciones útiles.

En el análisis de los impactos potenciales del cambio climático la CEPAL y el CAC acordaron realizar un análisis regional de vulnerabilidad agrícola al cambio climático con el propósito de evidenciar la vulnerabilidad de la región con datos y mapas. Adicionalmente, este trabajo obedece a la necesidad de revisar y actualizar los estudios de vulnerabilidad del sector agropecuario para generar un índice de vulnerabilidad regional, que es un insumo con el que se

puede promover la discusión de partes interesadas para adecuar estrategias y políticas de adaptación a nivel regional, nacional y local.

Este documento cuenta con las aportaciones y las revisiones de los delegados del GTCCIR y la SE-CAC. Consta de esta introducción, los mensajes clave y cuatro capítulos. En el capítulo I se presenta una breve revisión de la literatura sobre diversos análisis de vulnerabilidad en los países SICA; en el capítulo II se presenta la información utilizada, las consideraciones metodológicas del cálculo de vulnerabilidad y los resultados de la vulnerabilidad con las condiciones actuales del clima.

En el capítulo III se presenta la información de escenarios y modelos utilizados, así como los resultados de vulnerabilidad al cambio climático para dos períodos futuros. Finalmente, en el capítulo VIII se muestran las conclusiones y recomendaciones con algunas líneas de acción para posibles aplicaciones de la información generada. El documento incluye en anexo el glosario de conceptos relevantes, la fuente de información para la construcción de los mapas relevantes y dos listas de los municipios con mayor nivel de vulnerabilidad actual y con el escenario más extremo por país.

I. Revisión de la literatura⁴

El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) define el riesgo como el potencial de consecuencias adversas para los sistemas humanos o ecológicos, reconociendo la diversidad de valores y objetivos asociados con dichos sistemas. Así, en el sexto reporte del IPCC (AR6) se describe una estructura del riesgo para entender los siguientes aspectos (IPCC, 2022):

- Los impactos del cambio climático cada vez más graves, interconectados y frecuentemente irreversibles sobre los ecosistemas, biodiversidad y sistemas humanos.
- Como los impactos difieren a través de regiones, sectores y comunidades.
- Cómo reducir mejor las consecuencias adversas para las generaciones actuales y futuras.

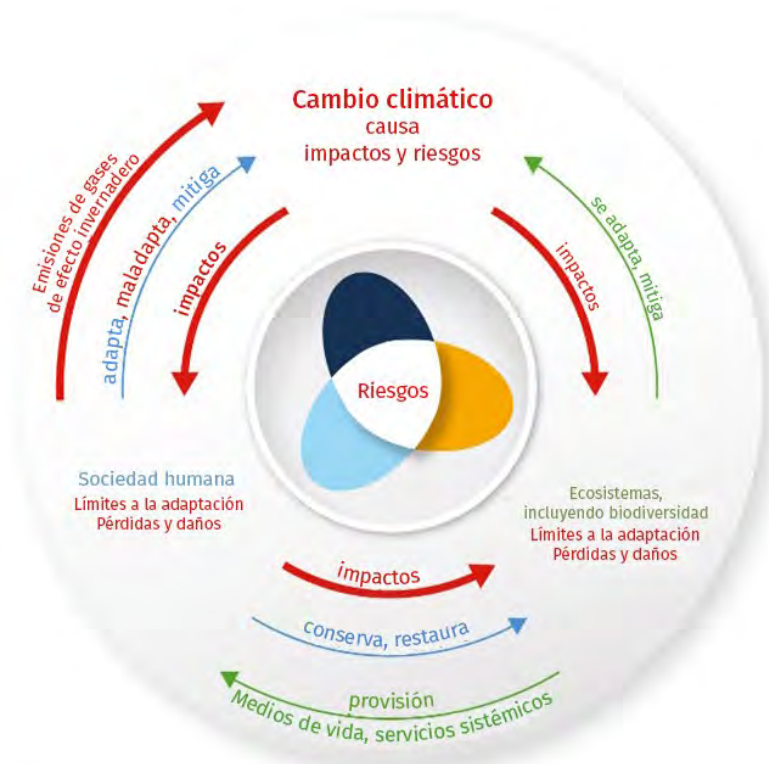
En el contexto de cambio climático, el riesgo surge de la interacción dinámica entre las amenazas relacionadas al clima, la exposición y la vulnerabilidad de los sistemas humanos y ecológicos afectados (IPCC, 2022). La interacción de estos elementos para definir el riesgo se observa en el diagrama 2.

La vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos expuestos es un componente del riesgo, pero de forma independiente es un enfoque importante en la literatura. El IPCC define la vulnerabilidad como la propensión o predisposición a ser afectado negativamente y abarca una variedad de conceptos y elementos, incluida la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad para hacer frente y adaptarse. La vulnerabilidad difiere dentro de las comunidades y entre sociedades, regiones y países, y también cambia a lo largo del tiempo (IPCC, 2022).

Identificar la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos es un elemento básico para reducir los impactos del cambio climático y por consecuencia el riesgo. Con un análisis de vulnerabilidad la elección de las medidas y acciones de adaptación pueden lograr mejores resultados y podrían ser elegidas según sea la necesidad identificada por cada uno de sus componentes. Sin un análisis de vulnerabilidad o un mal análisis de vulnerabilidad se puede incurrir en acciones de maladaptación que magnificaría la vulnerabilidad y los impactos del cambio climático, como se observa en el diagrama 2.

⁴ Se agradecen las aportaciones de Jaime Olivares en la elaboración de este capítulo.

Diagrama 2
Interacciones y tendencias del riesgo en el contexto del cambio climático



La hélice del riesgo muestra que el riesgo surge del traslape de:



...de los sistemas humanos, los ecosistemas y su biodiversidad

Fuente: Elaboración propia, adaptado de Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), "Summary for Policymakers", *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, H.-O. Pörtner y otros (eds.), contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, Cambridge University Press, 2022, págs. 3-33.

En el contexto de cambio climático, uno de los elementos iniciales que contribuye a un mayor riesgo y mayor vulnerabilidad es el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) que tiene como consecuencia el aumento de la temperatura que traerá diferentes impactos en los sistemas humanos y naturales a lo largo del tiempo. La sociedad debe responder mitigando estas emisiones de GEI, adaptando estos sistemas a las nuevas condiciones climáticas y restaurando y conservando los ecosistemas. Sin embargo, hay y habrá daños y pérdidas inevitables y límites a la adaptación que serán más grandes entre mayores sean las emisiones de GEI (véase el diagrama 2).

A. Impactos del cambio climático en la agricultura y ecosistemas en los países de la región SICA

Se espera que los rendimientos a nivel global de los granos básicos como arroz y maíz disminuyan significativamente los rendimientos para 2050 (reducción del rendimiento del maíz en un 2% y de arroz en un 14,4%), con el consecuente aumento de los precios (maíz aumento en el 153,3% y arroz el 113,4%). Estas reducciones de los rendimientos impactarán negativamente la seguridad alimentaria a nivel mundial, por lo que en 2050 el consumo per cápita de cereales disminuiría en un 7,1% en países en vías de desarrollo (Viguera y otros, 2017).

El impacto podrá verse más acentuado en América Latina, donde la pobreza y la pobreza extrema son significativamente mayores en zonas rurales: más del 45% de la población rural de la región se encuentra en condiciones de pobreza y el 21,2% vive en condiciones de pobreza extrema (CEPAL, 2021). Los países de la región se encuentran en zonas altamente vulnerables frente a fenómenos meteorológicos, tales como huracanes, inundaciones y sequías, que tienen un gran impacto en la agricultura y la población rural (CEPAL, 2011).

El Corredor Seco Centroamericano es una región muy vulnerable, que se extiende por la costa Pacífica de Centroamérica desde Chiapas en México, en una franja que abarca las zonas bajas de la vertiente del Pacífico y gran parte de la región central premontana (0 a 800 msnm) de Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, hasta Guanacaste en Costa Rica (Van der Zee y otros, 2012; CEPAL/CAC-SICA, 2020). Algunas delimitaciones incluyen el arco seco de Panamá (Calvo y otros, 2018). La climatología de esta región se caracteriza por dos puntos máximos de precipitación en el año con una estación seca de cinco o seis meses y una marcada y prolongada canícula en julio y agosto (Taylor y Alfaro, 2005; Calvo y otros, 2018; CEPAL/CAC-SICA, 2020). En la estación lluviosa existe el riesgo a la sequía (FAO, 2012).

De acuerdo con el capítulo de Centroamérica y América del Sur del grupo de trabajo II (GT-II), Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad del AR6 del IPCC (Castellanos y otros, 2022), la mayoría de los estudios de impacto de cambio climático en Centroamérica se han centrado en pérdidas humanas y económicas, cambios en la disponibilidad del agua e incremento en la inseguridad alimentaria. El AR6 del IPCC señala que la reducción de la precipitación y la alteración del inicio y fin de la temporada de lluvia y de la canícula está impactando a los productores agrícolas de subsistencia, particularmente en el corredor seco de Centroamérica comprometiendo su seguridad alimentaria. Se calcula que la duración del crecimiento del cultivo del maíz se redujo al menos un 5% entre 1981-2010 y 2015-2019 (Castellanos y otros, 2022).

Siguiendo con los hallazgos del GT-II del AR6 del IPCC, se espera que los rendimientos del maíz de temporal en Guatemala decrezcan un 16% en 2050 en el escenario extremo de cambio climático RCP8.5, los rendimientos de la caña de azúcar de temporal se reducirían un 44% y los de caña de azúcar bajo riego un 36%. A nivel regional se espera que la extensión y calidad de las áreas aptas para granos básicos se contraiga. El área apta para maíz tendría una reducción del 35% para 2100 en el escenario extremo de cambio climático A2⁵ en los países de la región de Centroamérica. En el caso del frijol se espera una reducción de las zonas aptas para su siembra

⁵ El escenario de cambio climático A2 es un escenario de altas emisiones y es el escenario extremo del cuarto reporte del IPCC (AR4).

del 14% en Centroamérica, principalmente en Panamá con un 41%, Costa Rica con un 21% y El Salvador con un 20% en 2050.

El AR6 también reporta una potencial caída de las zonas aptas para cacao y café en Centroamérica entre el 25% y el 75% en el escenario medio alto de cambio climático RCP6.0. En el período 2001-2009 el 34% de los departamentos de Centroamérica registraron rendimientos superiores a 0,8 toneladas por hectárea (t/ha) y para 2100 solo el 12% mantendría estos rendimientos, mientras que los que tienen rendimientos menores a 3 t/ha pasarían del 14% al 36% en el escenario A2 en 2100, con mayor impacto en las zonas de menor altitud (Castellanos y otros, 2022; Castellanos, Thomas y Dunston, 2018; Fernández-Manjarrés, 2018; Fernández y otros, 2019; Läderach y otros, 2013; CEPAL/CAC-SICA, 2014).

El cambio climático impactaría negativamente la producción agropecuaria de los países si no se toman las medidas necesarias de adaptación. Almeida y otros (2020) estiman que en la región, el cambio de idoneidad para cultivos como el frijol, maíz, banano y café para 2050 disminuiría drásticamente la superficie óptima para el desarrollo de estos rubros con el aumento de la temperatura.

Una situación similar se encontró en el estudio del Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA, 2013) para Nicaragua, en el que se concluyó que las variedades de frijol, que actualmente se cosechan a elevaciones mínimas de 300 metros sobre el nivel del mar (msnm), deberán de cosecharse para 2040 por encima de los 400 msnm debido a los incrementos esperados de temperatura según el escenario A2 de cambio climático⁶. Las áreas potenciales para la producción de frijol de apante⁷ son las que más disminuirían para 2040, debido principalmente a que estas áreas coinciden con zonas bajas en las que se incrementaría sustancialmente la temperatura, provocando que estas ya no sean adecuadas para las variedades de frijol que se producen actualmente.

Utilizando el escenario A2 para la temperatura, el cambio climático también afectará en gran medida al maíz en Nicaragua. La producción en la época de primera se verá afectado por la disminución de las precipitaciones, sobre todo las variedades de ciclo intermedio que necesitan mayor cantidad de agua durante su ciclo vegetativo. También el maíz de apante se verá fuertemente afectado por las temperaturas para 2040, debido que se favorecerán las condiciones para el achaparramiento⁸ del maíz (MARENA, 2013).

Los humedales, que proporcionan un hábitat para la vida silvestre y sostienen la pesca y las actividades agrícolas, ya están bajo la presión de la pesca excesiva y la extracción de agua. La variabilidad de las lluvias y el aumento de temperaturas amenazan aún más su resiliencia. El cambio climático también afecta a las condiciones de crecimiento de los bosques y el cambio de distribución de los bosques, bajo un escenario pesimista, traería mayores pérdidas de bosques

⁶ Tomado del estudio realizado por la CEPAL para Nicaragua de los efectos del cambio climático sobre la agricultura (Ramírez y otros, 2010).

⁷ Apante es la época propia de siembra en el litoral atlántico de Honduras, en el norte de Guatemala (Petén) y en el centro de Nicaragua. En Panamá se constituye en la siembra principal debido a la distribución de las lluvias. La ubicación geográfica de El Salvador no permite sembrar frijol en esta época.

⁸ El achaparramiento del maíz es una enfermedad endémica causada por un micoplasma y transmitido por el *Dalbulus maidis* (Del & W) y *Dalbulus Elimotus* (Ball), conocidas como chicharritas del maíz.

húmedos y de sus servicios ecosistémicos (CEPAL y otros, 2012). Esto puede influir directamente en la biodiversidad y en los medios de subsistencia que dependen de esos sistemas forestales (Cahoon y Hensel, 2002).

Diversos estudios realizados revelan que el cambio climático sitúa en una posición de mayor riesgo la producción agropecuaria en la región. Algunos de estos estudios se enfocan en el impacto del cambio climático en cultivos específicos como cacao (Bunn y otros, 2018); café (Ovalle-Rivera y otros, 2020; Bunn, Castro y Lundy, 2018; Läderach y otros, 2016; CEPAL/CAC-SICA, 2014); maíz (Gourdji y otros, 2015; CEPAL/CAC-SICA, 2013; Schmidt y otros, 2012), y frijoles (CEPAL/CAC-SICA, 2013; Schmidt y otros, 2012). Otros tienen un enfoque regional y sectorial agrupando varios de estos cultivos (Bouroncle y otros, 2017). Y algunos de estos estudios hacen énfasis en los impactos diferenciados entre regiones o a nivel subnacional. Lo que queda claro es que estos estudios que proponen la construcción y revisión de índices de vulnerabilidad permiten a los países con capacidades técnicas y financieras limitadas que las inversiones sean estratégicas y apunten a las zonas más vulnerables (Parker y otros, 2019).

Los recursos hídricos también son vulnerables al cambio climático, las altas temperaturas y lluvias más variables, acentúan los problemas de recursos de agua, especialmente en las zonas del corredor seco (USAID, 2017). Los suministros disminuyen por la alteración del ciclo del agua y, dado un almacenamiento limitado, la demanda está aumentando debido al rápido crecimiento de la población. Además, frente al aumento de temperatura y las sequías, está aumentando el consumo de agua de otras fuentes por parte del sector agrícola. Otras fuentes como aguas subterráneas, canales, lagos, ríos.

B. Medición de vulnerabilidad en los países de la región SICA

En los países de la región SICA existen análisis de vulnerabilidad a nivel nacional, basados en la revisión de indicadores biofísicos y sociales como un primer acercamiento para determinar categorías de vulnerabilidad (MiAmbiente, 2021), aunque sin analizar su interconexión y sin relacionar el cambio climático y su impacto en un sector específico, lo que supone una primera dificultad para determinar estrategias de adaptación.

Existen también estudios que se centran en otros sectores diferentes a agricultura, pero arrojan datos interesantes sobre el impacto del clima, como el estudio para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático del sector hídrico a nivel local en Honduras (Peña y otros, 2022). Los recursos hídricos también son vulnerables al cambio climático, las altas temperaturas y lluvias más variables, acentúan los problemas de acceso al agua. Es probable que disminuya la disponibilidad de agua en la mayoría de las cuencas hasta una cantidad que podría ubicarse entre el 36% en 2060 y el 64% en 2090 de los niveles actuales, especialmente en las zonas del Corredor Seco Centroamericano (USAID, 2017).

Los países que forman parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) deben informar sobre los avances de los objetivos de la Convención de cada una de las partes. La información que debe ser incluida en Comunicaciones Nacionales son (CMNUCC, 1992 y 2003):

- sus circunstancias nacionales que incluye sus características geográficas, climáticas y económicas que pueden afectar su habilidad para abordar la mitigación y adaptación al cambio climático;
- los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero (GEI);
- las medidas que ha adoptado o que prevé adoptar para reducir las emisiones de GEI;
- programas que contengan medidas para facilitar la adecuada adaptación al cambio climático; en este apartado las Partes no incluidas en el anexo I deberán informar sobre sus vulnerabilidades a los efectos adversos del cambio climático;
- otra información que consideren relevante para alcanzar los objetivos de la Convención.

Sobre el punto de vulnerabilidad y adaptación la CMNUCC (2003) indica que los países pueden usar metodologías apropiadas y guías que ellos consideren que mejor reflejen su situación nacional para evaluar su vulnerabilidad y adaptación al cambio climático siempre y cuando estas sean consistentes, transparentes y bien documentadas. La convención también instruye a los países a que den información sobre el alcance de sus evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación, incluyendo la identificación de las áreas vulnerables más críticas.

Los países de la región SICA han hecho esfuerzos para hacer y reportar evaluaciones de vulnerabilidad al cambio climático en sus comunicaciones nacionales. En los cuadros 1 a 8 se reportan los análisis de vulnerabilidad incluidos en sus últimas comunicaciones nacionales presentadas a la convención. En los cuadros se reporta el tipo de análisis de vulnerabilidad realizado, los datos incluidos y algunas características de los análisis.

La mayoría de los países realiza un análisis de la vulnerabilidad actual y solo El Salvador y Panamá incluyen en su índice los escenarios de cambio climático. Algunos países realizaron sus análisis de vulnerabilidad por amenaza dependiendo la importancia en cada país, estas amenazas fueron consideradas como un componente de exposición. Las amenazas consideradas son aumento del nivel del mar, acidificación del océano, tormentas y huracanes, inundaciones, aumento de la temperatura, cambios en la precipitación, deslizamientos, incendios, sequías y tierras degradadas.

El objeto de estudio de los análisis de vulnerabilidad también es distinto, algunos países evalúan la vulnerabilidad social, económica y física por separado como en Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras, otros miden la vulnerabilidad por sector como Belice, Costa Rica, El Salvador y la República Dominicana, y la vulnerabilidad general o global es medida por la Honduras, Nicaragua, Panamá y la República Dominicana. En cuanto al alcance la mayoría de las mediciones están hechas a nivel nacional por regiones o municipios y solo Belice y en algunas mediciones de El Salvador se enfocaron en zonas específicas.

En cuanto a la metodología de medición de la vulnerabilidad los países tomaron en cuenta las condiciones de exposición de acuerdo con la frecuencia de las amenazas analizadas para sus territorios y algunos muestran mapas de estos resultados. A la exposición los países le agregaron un análisis de descripción cualitativa o cuantitativa de los sectores y los ecosistemas y como estos pueden verse afectados por las amenazas, este análisis es el de sensibilidad (en algunos casos no se menciona de manera explícita que se refiere a sensibilidad). Finalmente, los países

incluyeron variables socioeconómicas y de gestión que en algunos casos se mencionan como capacidad adaptativa.

La vulnerabilidad de la actividad agropecuaria al cambio climático se analiza en Belice para seis cultivos por aumento en la temperatura, cambios en precipitación, tormentas y huracanes, intrusión de agua salada y disponibilidad del agua y no se especifica si utiliza algún escenario. En Costa Rica se hace un análisis cualitativo de la vulnerabilidad del sector agropecuario y pesca al cambio climático describiendo los impactos potenciales y las limitaciones del sector. En El Salvador se realiza un análisis de vulnerabilidad para el corredor seco oriental por aumento de temperatura y cambio en precipitación en el escenario RCP8.5 de cambio climático para seguridad alimentaria y para infraestructura y cultivos analizando la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. En la República Dominicana se analiza la vulnerabilidad del sector agropecuario a la sequía e inundaciones sin cambio climático e incluye análisis de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Para el caso de las mediciones generales de Nicaragua y Panamá se incluyen algunos indicadores de interés para el sector agropecuario (véanse los cuadros 1 al 8).

Un primer trabajo de vulnerabilidad agrícola regional fue elaborado por Bouroncle y otros (2017) quienes mapearon la capacidad adaptativa y la vulnerabilidad de los medios de vida agrícola de los pequeños productores para Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua. Los autores utilizaron la definición de vulnerabilidad del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) y evaluaron el impacto del cambio climático sobre la idoneidad de los principales cultivos y como capacidad de adaptación utilizaron indicadores de necesidades humanas básicas, así como recursos para la innovación y la acción como un enfoque de medios de vida. La idoneidad actual fue elaborada para el período 1960-2000 con datos del clima del Worldclim y con escenarios de cambio climático para el período 2020-2049 usando 24 modelos de circulación general en el escenario intermedio A1B del cuarto informe del IPCC. Este mapeo fue elaborado a nivel municipal con el objetivo de identificar clústeres de capacidad adaptativa e identificar medidas.

Cuadro I
Belice: análisis de vulnerabilidad en su cuarta comunicación nacional sobre cambio climático

Análisis de vulnerabilidad	Datos incluidos en los índices de vulnerabilidad	Características del análisis
Vulnerabilidad social, económica y del sistema natural a la acidificación del océano (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación de los sistemas naturales (exposición) • Turismo, acuicultura y atributos sociodemográficos (sensibilidad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Tres mediciones, elaborado para dos regiones, evalúa la vulnerabilidad actual. Mapas para vulnerabilidad social y económica.
Vulnerabilidad social, de la infraestructura económica y de los sistemas naturales al aumento del nivel mar (amenaza).	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas expuestas a un aumento del nivel mar de 5 metros (exposición) • Uso de suelo en zonas costeras (sensibilidad). Información de carreteras, aeropuertos y cualquier estructura de importancia (sensibilidad) • Turismo con uso de suelo y sitios de interés (sensibilidad) • Sitios de anidación de especies y uso de suelo costero (sensibilidad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta mapa de la exposición en resolución de 30 metros para dos regiones. Vulnerabilidad futura con aumento del nivel mar de 5 metros.
Vulnerabilidad social, de la infraestructura económica y de los sistemas naturales a la erosión costera (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Puntos de interés en educación, salud, obras hidráulicas, telecomunicaciones, ocio, comercio y finanzas y uso de suelo (sensibilidad) • Información de carreteras, aeropuertos y cualquier estructura de importancia (sensibilidad) • Puntos de interés de actividad de turismo, comercio, finanzas, esparcimiento y servicios (sensibilidad) 	<ul style="list-style-type: none"> • No se presentan mapas. Se indica el análisis para dos zonas. Todas las zonas bajas en la costa se consideran expuestas.
Vulnerabilidad social, de la infraestructura económica y de los sistemas naturales a las tormentas tropicales y huracanes (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas urbanas y puntos de interés en educación, salud, obras hidráulicas, telecomunicaciones, ocio, comercio y finanzas (sensibilidad) • Información de carreteras, aeropuertos y cualquier estructura expuesta a inundaciones (sensibilidad) • Puntos de interés de actividad de turismo, comercio, finanzas, esparcimiento y servicios (sensibilidad) 	<ul style="list-style-type: none"> • No se presentan mapas. • Se indica el análisis para dos zonas. • Se considera un aumento de tormentas y huracanes por cambio climático.
Vulnerabilidad social, de la infraestructura económica y de los sistemas naturales a las inundaciones tierra adentro (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Mapa de susceptibilidad a inundaciones tomando en cuenta asentamientos y cobertura del suelo (exposición) • Uso de suelo (urbano y agrícola), sitios de interés como salud, educación, recursos hídricos, telecomunicaciones, ocio, comercio y finanzas (sensibilidad) • Tipo de estructura de carreteras, aeropuertos y cualquier estructura importante (sensibilidad) • Se considera interrupción del servicio de comercio, turismo y producción de petróleo (sensibilidad) • Tipo de ecosistemas (sensibilidad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta el mapa de susceptibilidad nacional de inundaciones.
Vulnerabilidad social, económica y de los sistemas naturales a la disponibilidad de agua (amenaza de menor disponibilidad)	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas urbanas y agrícolas (entre más lejos más sensible a la reducción de disponibilidad de agua) • Disponibilidad de agua para turismo con grandes y pequeños hoteles y en cultivos, y otras actividades de interés (sensibilidad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presentan los mapas de vulnerabilidad social y del sistema natural para dos áreas.

Análisis de vulnerabilidad	Datos incluidos en los índices de vulnerabilidad	Características del análisis
	<ul style="list-style-type: none"> • Cobertura de ecosistemas 	
Vulnerabilidad del sector agrícola al aumento de temperatura (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Disminución de productividad dependiendo del escenario de cambio climático para temperatura (sensibilidad) 	<ul style="list-style-type: none"> • Se centro en seis cultivos: caña de azúcar, cítricos, banano, maíz, frijol y arroz. No se especifica que escenarios se utiliza para temperatura. Se hace un supuesto que el territorio de Belice tendrá cambios similares en precipitación en el territorio.
Vulnerabilidad del sector agrícola a cambios en la precipitación (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las necesidades de agua por cultivo 	
Vulnerabilidad del sector agrícola a la disponibilidad de agua (amenaza de menor disponibilidad)	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis de las necesidades de agua por cultivo 	
Vulnerabilidad del sector agrícola a las tormentas tropicales y huracanes (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • El análisis indica que aumentan las tormentas y huracanes y en consecuencia las inundaciones 	
Vulnerabilidad del sector agrícola a la intrusión de agua salada (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Por aumento del nivel del mar y el cambio en la precipitación • Posibles inundaciones de agua salada 	
Vulnerabilidad social y económica del sector pesquero a la acidificación y calentamiento del océano (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Fuerza de trabajo en pesca, pH del agua en el escenario de cambio climático RCP8.5, tipos de especies marinas (sensibilidad) 	Análisis en las costas de Belice.
Vulnerabilidad económica del sector pesquero al aumento del nivel del mar (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Sensibilidad de los ecosistemas marinos importante para la supervivencia de especies 	Se espera que los ecosistemas resistan el aumento de 1msnm para 2100.
Vulnerabilidad económica del sector pesquero a las tormentas tropicales y huracanes (amenaza)	<ul style="list-style-type: none"> • Impactos de tormentas anteriores, posibles marejadas y ecosistemas marinos 	Se espera un aumento de los huracanes categoría 4 y 5.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de National Climate Change Office (NCCO) of Belize, *Belize's Fourth National Communication prepared for the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, Belmopán, Government of Belize, 2022 [en línea] <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Belize%20National%20Communication.pdf>, y F. Issler e I. Rocabado, *Integrated Vulnerability and Adaptation Assessment*, Belice, 2019, inédito.

Cuadro 2
Costa Rica: análisis de vulnerabilidad en su cuarta comunicación nacional sobre cambio climático

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
<p>Vulnerabilidad de seis regiones socioeconómicas al cambio climático</p> <p>Se distinguen dos amenazas: I. los eventos meteorológicos extremos; se describen los daños y pérdidas causados en el país. Se plantearon dos escenarios de costos, uno conservador entre el 0,68% y el 1,05% del PIB y uno alternativo entre el 1,64% y el 2,5% del PIB para 2025.</p> <p>Se consideraron los siguientes eventos de manifestación lenta: aumento de la temperatura, pérdida de biodiversidad, degradación de suelos, acidificación oceánica, aumento del nivel del mar, intrusión salina.</p>	<p>Es un análisis cualitativo de la vulnerabilidad para cada región enfocándose en su capacidad de adaptación y sensibilidad.</p> <p>Se describe:</p> <ul style="list-style-type: none"> • La pobreza • Participación ciudadana en toma de decisiones • Características de infraestructura vial, urbana, telecomunicaciones, productiva. • Dependencia del recurso hídrico • Pendientes pronunciadas que pueden sufrir deslizamientos • Manejo de aguas pluviales • Planificación urbana • Fincas con alta demanda de agua • Encadenamiento productivo • Lejanía de los centros económicos del país • Características de la población • Características económicas de la región • Sistemas obsoletos de abastecimiento de agua potable y de tratamientos de aguas. • Brechas laborales de género • Desarrollo social, entre otros 	<p>Se incluyen mapas que conforman el análisis cualitativo de vulnerabilidad que tienen que ver con exposición y sensibilidad:</p> <p><i>Región central</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa de inundaciones y deslizamientos <p><i>Región Chorotega</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa de aumento de nivel del mar, inundaciones e incendios <p><i>Región Pacífico central</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa de aumento del nivel del mar, incendios, inundaciones y deslizamientos <p><i>Región Brunca</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa de aumento del nivel del mar, incendios, inundaciones y deslizamientos <p><i>Región Huetar norte</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa de inundaciones, deslizamientos y potenciales incendios <p><i>Región Huetar Caribe</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Mapa de aumento del nivel del mar, incendios, inundaciones y deslizamientos • Para todas las regiones se incluyeron mapas de daños económicos por sequías y por lluvias extremas • Se incluyen impactos potenciales

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
Vulnerabilidad del sector agropecuario y pesca al cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> Es un análisis cualitativo de la vulnerabilidad donde se describe lo siguiente: escolaridad, informalidad del trabajo, infraestructura insuficiente, dependencia de monocultivos, acceso limitado a financiamiento, pequeños productores, entre otros. 	<ul style="list-style-type: none"> No se incluyen mapas o análisis cuantitativo Se describen impactos potenciales
Vulnerabilidad del sector recursos hídricos al cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> Es un análisis cualitativo de la vulnerabilidad, donde se describe lo siguiente: acceso a agua potable, pérdida de cobertura vegetal, contaminación de las fuentes hídricas, actividades productivas dependientes del recurso hídricos, sistema de riego, servicio de alcantarillado, ordenamiento territorial, entre otros. 	
Vulnerabilidad de la biodiversidad al cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> Es un análisis cualitativo de la vulnerabilidad, donde se describe lo siguiente: comunidades indígenas, cobertura vegetal, riesgo de incendios forestales, dependencia de los servicios ecosistémicos, recursos financieros para la conservación, ordenamiento territorial, entre otros. 	
Vulnerabilidad del sector salud al cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> Es un análisis cualitativo de la vulnerabilidad, donde se describe lo siguiente: prevalencia de sobrepeso y obesidad, tasas de enfermedades diarreicas, de transmisión por vectores y crónicas, cantidad de personas vulnerables, pobreza, acceso a servicios de mujeres, jóvenes e indígenas, entre otros. 	
Vulnerabilidad del sector infraestructura al cambio climático	<ul style="list-style-type: none"> Es un análisis cualitativo de la vulnerabilidad, donde se describe lo siguiente: infraestructura adaptada o no al clima, infraestructura en zonas rurales, construcciones en zonas no aptas, conexión de zonas agropecuarias y de turismo, cobertura de telecomunicaciones, ordenamiento territorial, entre otros. 	

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) de Costa Rica/Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN) de Costa Rica/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), *Diagnósticos regionales y medidas de adaptación preliminares. Proyecto Plan A -Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*, con financiamiento del Fondo Verde del Clima, 2020; Gobierno de Costa Rica/Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), *Cuarta comunicación nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – Costa Rica*, primera edición, San José, 2021 [en línea] <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/publications/cuartacomunicacionnacional/>.

Cuadro 3
El Salvador: análisis de vulnerabilidad en su tercera comunicación nacional sobre cambio climático

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
<p>Vulnerabilidad de la seguridad alimentaria en el corredor seco oriental por aumento en temperatura y cambios en precipitación</p>	<p><i>Indicador de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Precipitación media anual 1986-2015 y con escenario de cambio climático RCP2.6 y RCP8.5, dos períodos 2021-2050 y 2071-2100 • Temperatura media anual 1986-2015 y con escenario de cambio climático RCP2.6 y RCP8.5, dos períodos 2021-2050 y 2071-2100 <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Superficie agrícola de granos básicos • Pequeños productores • Pequeños productores femeninos • Productores dedicados a granos básicos • Desnutrición crónica en escolares de primer grado • Población en situación de dependencia • Población en situación de pobreza • Hogares afectados por sequía <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Productores con riego • Productores con equipo de almacenamiento de agua • Hogares que son miembros de una cooperativa • Hogares con producción de patio • Hogares que reciben paquete agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> • El reporte incluye los resultados del índice actual y con el escenario RCP8.5 en 2071-2100 para 36 municipios, así como el mapa del resultado con cambio climático.
<p>Vulnerabilidad en la infraestructura y cultivos en el corredor seco oriental por aumento en la precipitación máxima</p>	<p><i>Indicador de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de días con precipitación superior a 50 mm, 1986-2015 y con escenario de cambio climático RCP2.6 y RCP8.5, dos períodos 2021-2050 y 2071-2100 <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Superficie agrícola en clase IV a VIII • Superficie con más del 30% de pendiente • Número de infraestructura crítica en zonas de riesgo de erosión • Hogares afectados por lluvia 	

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
	<p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobertura arbórea • Hogares que son miembros de una cooperativa • Hogares con bomba achicadora • Hogares con internet • Hogares que reciben paquete agrícola 	
<p>Vulnerabilidad de la población urbana en el área metropolitana de San Salvador por aumento en la temperatura</p>	<p><i>Indicador de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura media anual 1986-2015 y con escenario de cambio climático RCP2.6 y RCP8.5, dos períodos 2021-2050 y 2071-2100. <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Población menor de tres años • Población en situación de pobreza • Población en situación de dependencia • Grado de urbanización • Tejido urbano que se considera precario • Viviendas en no buen estado • Tejido urbano en zonas de calentamiento medio <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hogares con acceso a agua • Hogares con internet • Albergues, número de habitantes • Hogares con acceso a electricidad • Tejido urbano discontinuo y zonas verdes 	<ul style="list-style-type: none"> • El reporte incluye los resultados del índice actual y con el escenario RCP8.5 entre 2071-2100 para 14 municipios, así como el mapa del resultado con cambio climático
<p>Vulnerabilidad de la población urbana en el área metropolitana de San Salvador por aumento en la precipitación máxima</p>	<p><i>Indicador de exposición</i></p> <p>Número de días con precipitación superior a 50 mm, 1986-2015 y con escenario de cambio climático RCP2.6 y RCP8.5, dos períodos 2021-2050 y 2071-2100.</p> <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Infraestructura en zonas expuestas a deslizamientos • Superficie con más del 30% de pendiente 	

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
	<ul style="list-style-type: none"> • Población en situación de dependencia • Grado de urbanización • Población en situación de pobreza • Hogares afectados por tormentas/lluvias • Tejido urbano que se considera precario • Tejido urbano en zonas de deslizamiento • Tejido urbano en zonas inundables <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Población alfabetizada • Hogares con internet • Albergues, número de habitantes • Vegetación natural y cuerpos de agua 	
<p>Vulnerabilidad de la población urbana en el área metropolitana de San Salvador por cambios en la precipitación media</p>	<p><i>Indicador de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Precipitación media anual 1986-2015 y con escenario de cambio climático RCP2.6 y RCP8.5, dos períodos 2021-2050 y 2071-2100 <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Suministro de agua procedente de pozos • Población en situación de pobreza • Hogares afectados por sequía • Habitantes/pozo • Población afectada por corte de servicios <p>Nuevas conexiones de agua</p> <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Hogares con acceso a agua. • Pozos de monitoreo de nivel freático • Áreas de recarga en zonas no urbanizadas 	

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de El Salvador, *Tercera comunicación nacional de cambio climático de El Salvador ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC)*, San Salvador, 2018 [en línea] <http://rcc.marn.gob.sv/handle/123456789/341>.

Cuadro 4
Guatemala: análisis de vulnerabilidad en su tercera comunicación nacional sobre cambio climático

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
Vulnerabilidad socioeconómica y de grupos vulnerables para la gestión del riesgo	<p><i>Seis categorías</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Desarrollo y pobreza • Población de dependencia • Desigualdad • Desarrollo económico • Población desprotegida • Otros grupos vulnerables 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de la vulnerabilidad municipal. • Se hace un análisis cualitativo de otros tipos de vulnerabilidad social: pobreza multidimensional, desarrollo humano, pueblos indígenas, de las mujeres.
Vulnerabilidad natural	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis cualitativo con referencias de estudios sobre ecosistemas 	<ul style="list-style-type: none"> • No se presentan mapas.
Vulnerabilidad institucional	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis cualitativo con referencias sobre la institucionalidad para abordar el tema de cambio climático en el gobierno 	
Vulnerabilidad económica	<ul style="list-style-type: none"> • Análisis cualitativo con referencias sobre las actividades económicas, en especial la actividad agropecuaria 	
Análisis de exposición de amenazas climáticas	<ul style="list-style-type: none"> • Se identifican los poblados por departamento expuestos a una o más amenazas climáticas inducidas por el cambio climático. Se toman en cuenta anomalías de temperatura y precipitación con escenarios, deslizamientos, heladas, inundaciones y sequías. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de escenarios de cambio climático, la exposición a las amenazas y mapa solo de exposición a inundaciones y deslizamientos.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)/Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC)/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), *Primer reporte bienal y tercera comunicación nacional de cambio climático*, Guatemala, 2023 [en línea] <https://www.undp.org/es/guatemala/proyectos/primer-reporte-bienal-y-tercera-comunicacion-nacional-de-cambio-climatico>.

Cuadro 5
Honduras: análisis de vulnerabilidad en su tercera comunicación nacional sobre cambio climático

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
Índice de prevalencia de vulnerabilidad	<p>Mide la capacidad de adaptación a nivel municipal. Se toma en cuenta dos factores.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fragilidad socioeconómica cuantificada por la pobreza, la inflación, personas con discapacidad, tierras escarpadas y deforestadas, viviendas con piso de tierra, tamaño del hogar y desempleo. • Resistencia medida por número de personas empleadas en el sector agrícola, el índice de desarrollo humano, grupos especialmente vulnerables, número de camas de hospital por habitante, índice de empoderamiento de la mujer, porcentaje de madres solteras, número de televisores por habitante y la capacidad de respuesta. 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presenta una descripción de los resultados en la tercera comunicación nacional. • El mapa de vulnerabilidad se muestra en Kawas, Ferman y Wiese (2011) y en PNUD, 2013.
Impactos observados por tormentas y sequía en la tercera comunicación nacional	Se hace un recuento de los impactos de tormentas y huracanes como Mitch, Michelle y Agatha, así como de las sequías de 2001, 2009 y 2014.	No se incluyen mapas.

Fuente: Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (MIAMBIENTE), *Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, República de Honduras ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, Tegucigalpa (2019) [en línea] <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication%20HONDURAS.pdf>; N. Kawas, O. Ferman y K. Wiese, *Evaluación de la vulnerabilidad a nivel municipal en Honduras*, documento de trabajo, Tegucigalpa, Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD); Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), *Gestión de riesgos climáticos para la agricultura de pequeña escala en Honduras*, Nueva York, NY, Dirección de Prevención de Crisis y de Recuperación, (2013).

Nota: La tercera de comunicación nacional de cambio climático presenta escenarios de cambio climático elaborados por MIAMBIENTE+ (2018).

Cuadro 6
Nicaragua: análisis de vulnerabilidad en su cuarta comunicación nacional sobre cambio climático

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
Vulnerabilidad actual de Nicaragua	<p><i>Vulnerabilidad por exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Exceso de precipitación • Huracanes • Aumento del nivel mar • Inundaciones • Deslizamientos • Sequía meteorológica <p><i>Indicadores físicos, económicos, productivos, sociales y ambientales</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Proporción de población no productora • Diversidad agrícola • Conflictos en el uso del suelo agropecuario • Degradación física de los suelos • Tasa de resiliencia de los ecosistemas • Hábitat • Diversificación de sectores económicos • Disponibilidad de agua • Contaminación de aguas subterráneas por el uso de pesticidas • Accesibilidad vial • Prevalencia de enfermedades epidémicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presentan mapas para cada indicador de exposición, y de las condiciones físicas, económicas, productivas, sociales y ambientales, a cada uno se le dio una clasificación de vulnerabilidad de acuerdo con las características de cada uno. • La vulnerabilidad actual utiliza los elementos de todos los indicadores. • No se toma en cuenta los escenarios de cambio climático.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Gobierno de Nicaragua, *4ta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*, Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF)/Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Proyecto “Habilitación de la preparación de la Cuarta Comunicación Nacional de Nicaragua y el Primer Informe Bienal de Actualización a la CMNUCC”, Managua, 2023 [en línea] <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4CN-Nicaragua.pdf>.

Cuadro 7
Panamá: análisis de vulnerabilidad en su cuarta comunicación nacional sobre cambio climático

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
Vulnerabilidad al cambio climático de la República de Panamá	<ul style="list-style-type: none"> • Se utilizó el concepto y metodología del IPCC <p><i>Indicadores de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Escenario de cambio climático RCP8.5 de anomalías de temperatura y precipitación para el corte 2050 • Vulnerabilidad costera (usando topografía para analizar las consecuencias del aumento del nivel del mar) • Frecuencia de inundaciones (fuente: DesInventar) • Tierras secas y degradadas • Períodos de sequía (días secos consecutivos) • Días consecutivos de lluvia <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Cambios de uso de la tierra (deforestación). Información de 2017 con referencia a 2000 • Áreas protegidas <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Pobreza por corregimiento, con datos del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) • Distancias a vías de comunicación terrestre • Servicios de salud 	<ul style="list-style-type: none"> • Se presentan los mapas de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. • Se presenta el resultado final de vulnerabilidad al cambio climático por corregimiento.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Ministerio de Ambiente (MiAmbiente), *Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Panamá*, Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF)/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Ciudad de Panamá, 2021 [en línea] https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2023/08/4CNCC_2023_H.pdf.

Nota: Se presentan los escenarios SSP-RCP del AR6 del IPCC para Panamá elaborados por el Ministerio de Ambiente. Se presentan los mapas.

Cuadro 8
República Dominicana: análisis de vulnerabilidad en su tercera comunicación nacional sobre cambio climático

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
Vulnerabilidad general, con base en la vulnerabilidad de siete sectores	<ul style="list-style-type: none"> • Se realizó combinando con media aritmética la vulnerabilidad de los seis sectores que se enumeran a continuación. • Se elaboraron dos índices generales uno nacional sin el sector turismo y un índice para zonas costeras que incluye el sector vulnerabilidad. En ambos casos se elaboraron mapas. 	<ul style="list-style-type: none"> • El mapa de vulnerabilidad nacional se presenta en la tercera comunicación y en el informe de Izzo y otros (2013). Se refiere a una vulnerabilidad actual.
Vulnerabilidad del sector agricultura a la sequía	<p><i>Indicadores de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de ocupados en el sector agropecuario • Clase climática • Categoría de sequía agrícola • Porcentaje de superficie cubierta por cultivos expuestos <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de área agrícola con pendiente superior al 10% • Índice de sensibilidad a la desertificación • Porcentaje de superficie de cultivos intensivos <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de empoderamiento individual • Porcentaje de áreas bajo riego • Disponibilidad de agua almacenada 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de cada indicador, de cada componente y de la vulnerabilidad (Izzo, Rathe y Arias, 2013). • Los análisis no incluyen escenarios de cambio climático.
Vulnerabilidad del sector agricultura a inundaciones.	<p><i>Indicadores de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de ocupados en el sector agropecuario • Número de trazas de ciclones tropicales y tormentas que han impactado el territorio • Porcentaje de áreas cultivadas en zonas inundables <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de desastres ligados a inundaciones <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de empoderamiento individual • Número de préstamos agropecuarios • Monto de préstamos agropecuarios 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de cada indicador, de cada componente y de la vulnerabilidad (Izzo, Rathe y Arias, 2013). • Los análisis no incluyen escenarios de cambio climático.

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
Vulnerabilidad del sector agua para consumo humano.	<p><i>Indicadores de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Densidad poblacional • Clase climática • Categoría de sequía agrícola <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de hogares sin suministro de agua para beber dentro de la vivienda • Porcentaje de personas no cubiertas por control sanitario de los acueductos • Tasa anual de crecimiento poblacional <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de empoderamiento individual • Disponibilidad de agua almacenada • Porcentaje de áreas de cuencas altas bajo medida de protección 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de cada indicador, de cada componente y de la vulnerabilidad (Izzo, Rathe y Arias, 2013). • Los análisis no incluyen escenarios de cambio climático.
Vulnerabilidad de los asentamientos humanos	<p><i>Indicadores de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Incidencia de dengue • Porcentaje de niños menores a 5 años que padecieron enfermedades diarreicas • Superficie de poblados en zonas sujetas a inundación • Población en municipios costeros • Número de trazas de ciclones tropicales y tormentas que han impactado en el territorio <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Densidad de población • Tasa de letalidad del dengue hemorrágico • Porcentaje de hogares sin suministro de agua para beber dentro de la vivienda • Porcentaje de viviendas con piso de tierra • Porcentaje de tierras que no cuentan con paredes de blocks de cemento <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Índice de empoderamiento individual • Razón de médicos por 10.000 habitantes • Número de hospitales por 10.000 habitantes 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de cada indicador, de cada componente y de la vulnerabilidad (Izzo, Rathe y Arias, 2013). • Los análisis no incluyen escenarios de cambio climático.

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
Vulnerabilidad del sector energía	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de hogares con acondicionador de aire • Número de albergues por cada 10.000 habitantes • Capacidad de albergues como porcentaje de la población <p><i>Indicadores de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Temperatura mínima promedio anual • Número de usuarios • 75 percentil de las precipitaciones diarias en un período de treinta años • Categoría de sequía agrícola • Número de trazas de ciclones tropicales y tormentas que han impactado el territorio <p><i>Indicadores de sensibilidad.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de horas en el día sin disponibilidad de electricidad • Energía suministrada • Porcentaje de hogares con acondicionador de aire <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Potencial solar • Número de familias que son parte de sistemas micro hidroeléctricos comunitarios • Potencial eólico 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de cada indicador, de cada componente y de la vulnerabilidad (Izzo, Rathe y Arias, 2013). • Los análisis no incluyen escenarios de cambio climático.
Vulnerabilidad del sistema nacional de áreas protegidas (SINAP)	<p><i>Indicadores de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de superficie del SINAP por provincia • Superficie de áreas protegidas costeras • Porcentaje de área protegida con avistamiento de mamíferos y reptiles amenazados o en peligro • Número de avistamientos de especies de flora nativa y endémica amenazada o en peligro <p><i>Indicadores de sensibilidad.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de áreas con actividad humana dentro del área protegida • Relación perímetro/área promedio de las áreas protegidas que caen en el territorio provincial • Índice de sensibilidad a la desertificación • Porcentaje de áreas protegidas bajo concesiones mineras 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de cada indicador, de cada componente y de la vulnerabilidad (Izzo, Rathe y Arias, 2013). • Los análisis no incluyen escenarios de cambio climático.

Análisis de vulnerabilidad	Información incluida en los índices de vulnerabilidad	Mapas que se incluyen en el análisis
	<p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de infraestructura básica en las áreas protegidas que caen en territorio provincial • Superficie de áreas protegidas con gestión compartida • Valoración METT (Management Effectiveness Tracking Tool) 	
Vulnerabilidad del sector turismo	<p><i>Indicadores de exposición</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Número de habitantes por provincia • Número de trazas de ciclones tropicales y tormentas que han impactado el territorio • Longitud de playa • Inversión turística: número de empleo generado por la industria turística <p><i>Indicadores de sensibilidad</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Superficie afectada por intrusión salina en los acuíferos subterráneos • Número de playas con tendencia a la erosión • Número de campos de golf por provincia <p><i>Indicadores de capacidad adaptativa</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • Áreas turísticas con programas de manejo de costas para el monitoreo de arrecifes de coral y restauración • Número de asociaciones turísticas e instituciones de turismo alternativo • Resiliencia de playas 	<ul style="list-style-type: none"> • Se incluye mapa de cada indicador, de cada componente y de la vulnerabilidad (Izzo, Rathe y Arias, 2013). • Los análisis no incluyen escenarios de cambio climático.

Fuente: Elaboración propia, sobre la base de Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)/Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio (CNCCMDL), *Tercera Comunicación Nacional de República Dominicana para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* (2017) [en línea] https://unfccc.int/sites/default/files/resource/29064815_Dominican%20Republic-NC3-1-Informe%20Tercera%20Comunicacion%20%28Para%20WEB%29%20%282%29.pdf; Izzo M, L. Rathe y D. Arias, *Informe final: puntos críticos para la vulnerabilidad a la variabilidad y cambio climático en la República Dominicana y su adaptación al mismo*, Programa para la Protección Ambiental, Acuerdo de cooperación N° 517-A-00-09-00106-00, Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID)/Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de la República Dominicana/The Nature Conservancy/Instituto Dominicano de Desarrollo Integral (IDDI), Santo Domingo, República Dominicana, 2013 [en línea] <https://bvearmb.do/handle/123456789/561>.

Nota: Se presentan los escenarios RCP del AR5 del IPCC para la República Dominicana. Se presentan los mapas.

II. Vulnerabilidad agrícola en la región SICA

En diversos estudios se ha evaluado el potencial impacto del cambio climático en cultivos como los granos básicos y el café a nivel nacional y regional en los países de la región SICA. Estos impactos dependen de la vulnerabilidad de la producción y los productores agrícolas a la que contribuye un conjunto amplio de factores, como la combinación de la situación socioeconómica de los productores, los insumos y la tecnología, disponibilidad de agua y sistemas de irrigación, administración del riesgo, manejo de plagas y características del suelo (CEPAL/CAC-SICA, 2013). A estos factores se agrega el apoyo del gobierno e instituciones de asistencia nacionales, regionales e internacionales a través de políticas, programas y proyectos con el objetivo de reducir los impactos de los eventos meteorológicos y adaptar al sector al cambio climático.

Bouroncle y otros (2017) señalan que las estrategias regionales y nacionales para la adaptación del sector agrícola y los medios de vida en Centroamérica carecen de una definición de prioridades geográficas y tipos de medidas de adaptación. Señalan que una evaluación regional permite capturar concentraciones (así como en que magnitud y dirección se modifican estas concentraciones) claves de factores biofísicos y socioeconómicos. Los autores indican que los enfoques basados en indicadores y en visualizaciones son marcos rentables y transparentes para el análisis comparativo y ayudan a comprender aspectos de vulnerabilidad específicos del contexto e identificar acciones (Bouroncle y otros, 2017; Malone y Engle, 2011).

En el siguiente capítulo se presentan las características del sector agrícola y sus amenazas y su importancia en la seguridad alimentaria, la escala del presente estudio, la metodología del análisis de vulnerabilidad, los cultivos y las variables que se utilizaron en el estudio, su interpretación para la clasificación de vulnerabilidad, el cálculo de cada componente que incluye decisiones en la ponderación y los resultados del cálculo de la vulnerabilidad actual.

A. Sector agrícola y seguridad alimentaria

En este documento se aborda el análisis de vulnerabilidad debido a factores climáticos, principalmente hacia la población rural y las actividades productivas agropecuarias que se relacionan directamente con la seguridad alimentaria y nutricional. La vulnerabilidad de la producción de alimentos en la región se hace más fuerte debido a que la producción actual de granos básicos, sobre todo maíz y frijol, se encuentra en manos de pequeños productores, que en su mayoría se sitúan en suelos altamente degradados, pobres en nutrientes y más propensos a la sequía edáfica por la poca capacidad de almacenamiento de agua (Rodríguez, 2013). El sistema alimentario de la región se caracteriza por un importante nivel de autoconsumo de los pequeños productores de granos básicos (CEPAL/CAC-SICA, 2013).

Los granos básicos son la principal fuente de energía de los habitantes de la región SICA y aportan proteínas de origen vegetal por la tradición de consumir arroz o maíz combinado con frijol. De acuerdo con Menchu y Osegueda (2002), una de las bondades de la dieta tradicional de la mayoría de los países del SICA, es el consumir conjuntamente leguminosas como el frijol con cereales como el arroz y el maíz (CEPAL y otros, 2017). El maíz, el frijol y el arroz suministraron el 33% del total de energía (medida en calorías) en los países de la región SICA en 2020. Solo el maíz aporta el 20% de calorías en la región SICA; su importancia es mayor con respecto al aporte mundial de energía donde este cultivo representa el 5% del total de calorías. Esta proporción para los tres granos básicos es superior al 40% de aporte calórico en El Salvador y Nicaragua. En cuanto a la proporción de proteínas con respecto al total, los tres granos básicos aportan el 36% en la región. La proporción por país de aporte de proteínas de los granos básicos es mayor al 43% en El Salvador, Honduras y Nicaragua (FAO, 2023).

Se estima que la superficie cosechada del maíz representa alrededor del 28% de la superficie total agrícola⁹ (FAO, 2023). Si se toma en cuenta solo la superficie de cereales, la proporción sube al 77%. El sistema de producción de maíz predominante es el relevo, combinado con frijol, sorgo y ajonjolí, facilitado por el régimen de lluvia bimodal. Todas las provincias o departamentos de los países SICA tienen registro de producción de maíz. Toda esta información revela la importancia del maíz y otros granos básicos en el sector agropecuario y la seguridad alimentaria.

Otros cultivos que relevantes para los pequeños, medianos y grandes productores son los cultivos comerciales como el café, cacao y plátano. Estos cultivos generan ingresos para los pequeños productores o para aquellas personas que trabajan para los grandes productores. El valor comercial de estos cultivos es de gran importancia para el sector agropecuario y la economía de casi todos los países de la región.

B. La escala del estudio

Según Monterroso y otros (2012) la escala nacional es apropiada para generar y dirigir información dado que los gobiernos la usan para definir políticas. Sin embargo, luego de apuntar a la escala nacional, se evalúa la posibilidad de realizar el análisis a nivel subnacional o niveles departamentales, donde se puede discriminar mejor a la población más vulnerable y a las variables que intervienen en la definición de esta vulnerabilidad. Según O'Brien y otros (2004) citado por Monterroso y otros (2012), si primero se identifican las regiones y las variables socioeconómicas o ambientales, es posible que sirvan como punto de partida para comprender y atender los procesos que causan vulnerabilidad localmente.

Como parte de la propuesta metodológica para el análisis de la vulnerabilidad climática en Centroamérica y la República Dominicana, en el presente documento se realizó el cálculo del índice de vulnerabilidad a nivel municipal con salidas cartográficas a nivel de países. Siendo el primer esfuerzo en realizar una clasificación de vulnerabilidad agrícola comparable para toda la región SICA. La escala que permite diferenciar e identificar zonas con características climáticas

⁹ Incluye el área cosechada de cereales, cítricos, cultivos azúcar, oleaginosos, frutas, hortalizas, legumbres, nueces y raíces y tubérculos.

similares, pero con grados de vulnerabilidad distinta. Esto puede fortalecer esfuerzos nacionales de medición de la vulnerabilidad en el sector agrícola y es una oportunidad de obtener mejores medidas de adaptación con intercambio de experiencias.

C. El abordaje de los temas de género en el análisis de la vulnerabilidad climática

La vulnerabilidad al cambio climático tiene que ver con las capacidades actuales de la población, de las unidades agroecológicas o de un país, para poder enfrentar o adaptarse a los cambios ambientales provocados por el aumento de la temperatura y el cambio en los patrones de precipitación. Se asume que si por desigualdades de género ciertos grupos de la población tienen menos posibilidades de acceder a medios de producción, tecnología, financiamiento, capacitación o información, estos grupos podrían ser más vulnerables a los efectos del cambio climático que otros más favorecidos (por ejemplo el de los hombres). Esto significa que podrían perder sus medios de vida más fácilmente y que tendrán menos facilidad para encontrar medios alternativos para cumplir con sus necesidades y las de sus familias (Gonda, 2014).

A pesar de que actualmente existen esfuerzos más sistemáticos para promover la igualdad de género y mejorar la participación de las mujeres en las distintas esferas y plataformas donde se debate sobre el cambio climático, incluyendo lograr una mayor representación de mujeres en los órganos de la CMNUCC, aún falta evidenciar y poner en la agenda pública, cómo el cambio climático y la variabilidad climática afectan las relaciones de género y cómo abordar las diferencias de género de manera efectiva en las medidas de adaptación en particular (Gonda, 2014).

Aun no existe un consenso global sobre las áreas o indicadores que puedan tenerse en cuenta en los estudios y diagnósticos que ayuden a determinar cuál es la situación y cuáles las prioridades de acción. Las principales investigaciones sobre cambio climático realizadas hasta el momento no logran un abordaje completo del tema de género y apenas han considerado la variable sexo en sus mediciones más técnicas (RED2RED, 2020).

Mujeres y hombres se ven afectados de diferentes maneras por el cambio climático. Debido a la construcción social del rol de mujeres, más asociadas al espacio doméstico y al cuidado de la familia, resultan más vulnerables en relación con los efectos del cambio climático, sobre todo en los niveles socioeconómicos más bajos (Gonda, 2014). Se observa que después de un evento como un huracán o una tormenta tropical que tiene como consecuencia inundaciones y deslizamientos las mujeres son las encargadas del cuidado de personas (niños y niñas, personas mayores, enfermas o con algún tipo de discapacidad permanente o temporal) principalmente en zonas de mayor marginación. Lo anterior ocasiona que algunas mujeres se trasladen a los albergues con sus medios de vida (como gallinas u otros animales) (BID/CEPAL, 2023).

Sin embargo, no hay evidencias claras para afirmar que las unidades productivas del sector rural donde la mujer es dueña de la unidad productiva sean más o menos vulnerables al cambio climático. Por un lado, tienen mayor vulnerabilidad económica debido al menor acceso al crédito y financiamiento, así como una menor participación en el mercado laboral frente a la necesidad de ingresos complementarios.

Por otro lado, se puede argumentar que las unidades rurales productivas administradas por mujeres pueden ser menos vulnerables a los efectos adversos del clima (sobre todo las sequías) porque las mujeres piensan más en la seguridad alimentaria y en la diversificación de los productos de la finca, de acuerdo con un estudio realizado por CIAT en 2017 durante la instauración de mesas técnicas agroclimáticas¹⁰ en el occidente de Nicaragua, lo que demuestra una mayor capacidad de adaptación. Asimismo, la mayoría de las investigaciones sobre las dimensiones de género se enfoca en la adaptación al cambio climático, por lo que la vulnerabilidad ha sido abordada en menor medida (MacGregor, 2010).

En la metodología propuesta en este documento se considera el indicador de cobertura de servicio de agua potable, como un elemento altamente correlacionado con la vulnerabilidad de las mujeres e infantes ante la escasez del vital líquido ocasionado por elementos relacionados con la variabilidad y cambio climático y que puede afectar en su salud. Muchos de los otros indicadores incluidos en la metodología de análisis de vulnerabilidad climática responden a factores biofísicos para los que no existe información suficiente que permita ligarlos directamente con los temas de género.

D. Metodología

I. Sistema de indicadores para el análisis de la vulnerabilidad

Los indicadores deben cumplir con ciertas características para asegurar la funcionabilidad del monitoreo y reporte. En este sentido, los indicadores utilizados para el cálculo de la vulnerabilidad deben ser lo más claros y precisos que sea posible ya que en esta claridad radica el éxito que se pueda tener al tratar de alcanzar los objetivos. Los indicadores utilizados en el estudio cumplen con las siguientes características que garantizan su funcionabilidad (Naser, 2018):

- específicos y concretos para ser entendidos de igual forma por las diferentes entidades que se relacionan con el tema agrícola y cambio climático en los países;
- cuantificables y medibles. Esto permitirá conocer si el camino por el que se avanza en el objetivo de reducir la vulnerabilidad es el correcto o se deben de realizar modificaciones;
- los indicadores escogidos son relevantes, tanto para la entidad que recibirá el informe, como también para las instituciones nacionales encargadas de monitorearlos y encajan con sus objetivos estratégicos;
- accesibles y además deberán poder desagregarse a escala municipal. Se priorizó el uso de información proveniente de estudios realizados por instituciones de cada uno de los países (véase el anexo 1). Sin embargo, para ciertas variables se utilizaron fuente de datos regionales.

¹⁰ Las mesas técnicas agroclimáticas son un espacio de diálogo entre una diversidad de actores locales incluyendo científicos, técnicos, representantes del sector público, privado y agricultores, que busca comprender el posible comportamiento del clima en una localidad y generar recomendaciones para disminuir los riesgos asociados a la variabilidad climática esperada.

Para construir el índice de vulnerabilidad climática se buscó información para toda la región por país a nivel de detalle municipal. En total se utilizaron nueve indicadores distribuidos de la siguiente forma: tres para caracterizar la exposición, tres para caracterizar la sensibilidad y tres indicadores para caracterizar la capacidad adaptativa.

a) **Indicadores de exposición**

Para obtener una comparación a nivel municipal en cuanto a la exposición climática se consideró combinar el uso de tres indicadores de exposición. Estos indicadores se consideraron dentro del margen de la información disponible en la región como los que mejor describen la exposición climática en el análisis de la vulnerabilidad de la agricultura y seguridad alimentaria ante la variabilidad y cambio climático. Los indicadores utilizados son: riesgos de inundaciones, frecuencia de ciclones y tormentas y riesgo de sequía. Se considera que estos tres indicadores recogen la amenaza a la actividad agrícola en las zonas donde estos eventos se presentan más frecuentemente, dejando esta actividad más expuesta junto con la población rural y la incidencia negativa en la seguridad alimentaria. Se consideró la utilización de otros indicadores relacionados con problemas ambientales como: erosión de suelo, pérdida de biodiversidad, incendios, entre otros. Sin embargo, estos indicadores presentan mayor dificultad para obtener la información, además se considera que su efecto es indirecto sobre la producción agrícola y la seguridad alimentaria.

Frecuencia de ciclones y tormentas. La ocurrencia de ciclones y tormentas afecta la producción agrícola más severamente en la región del Caribe, sin embargo, otras áreas de la región pueden ser afectadas. Recientemente la evaluación de pérdidas y daños de los huracanes Eta e Iota estimo que el sector agropecuario represento el 17% del total de las pérdidas en Honduras y 20% en Guatemala afectando en mayor medida el cultivo del café (BID/CEPAL, 2021; Bello y Peralta, 2021).

El indicador georreferenciado de frecuencia de ciclones y tormentas fue calculado para el presente documento a partir de una sola fuente de información, utilizando *The International Best Track Archive for Climate Stewardship*. Se tomaron las rutas de tormentas y huracanes desde el punto que tocaban tierra y siguiendo la trayectoria dentro de la zona continental del área Centroamericana y dentro de la Republica Dominicana. Para calcular las frecuencias se tomó en cuenta el número de eventos ocurridos en 40 años (1980-2020) y su paso en cada municipio específico, asumiendo un margen de influencia del evento de 15 km de *buffer* (polígono que rodea un punto, en este caso el ojo del huracán) sobre la ruta del evento y ponderándose según la intensidad del evento.

La influencia del aumento de las precipitaciones debidas al paso de tormentas y huracanes afecta más allá de la zona definida en la ruta (15 km de *buffer*); sin embargo, no se dispone de información suficiente para cuantificar este efecto. Finalmente se agruparon los resultados en cinco niveles de riesgo de acuerdo con la frecuencia de los eventos en cada municipio (mayor, alto, medio, bajo y menor). Los municipios con mayor riesgo representan aquellos que sufrieron mayor número de eventos de huracanes y tormentas en su territorio.

Frecuencia de inundaciones. La fuente de información de zonas de riesgo de inundaciones es diversa en cuanto a su forma de estimación. En algunos casos se determinan zonas de riesgos de inundación con base a criterios biofísicos como pendientes del suelo,

elevación, posición en la cuenca, tipos de suelo y drenaje. En otros casos se contabiliza la ocurrencia de eventos de inundación y se determina su frecuencia. Generalmente, la contabilidad de eventos de inundación se realiza en áreas de algún interés económico, como: áreas agrícolas, centros de población rurales y urbanos y otro tipo de infraestructura. También hay diferencias en el detalle espacial de la información.

En algunos países el riesgo de inundación se presenta a nivel municipal (como en Nicaragua y Guatemala), en otros se presenta con la delimitación de las posibles áreas inundables. Sin embargo, la escala también es bastante gruesa (escalas mayores a 1:500.000). Finalmente, para este estudio toda la información de riesgo de inundaciones se construyó a escala municipal usando estas fuentes para poder ser comparable a nivel regional. Los datos provienen sobre todo de estudios nacionales elaborados por los ministerios de ambiente, institutos meteorológicos y algunas universidades. En el anexo 2 al presente documento se puede revisar el detalle de cada fuente de información.

De acuerdo con lo observado en la información recopilada, los valores más altos de este indicador se encuentran localizados en las partes costeras de los mares y lagos, en los márgenes de algunos ríos importantes. Se presentan los riesgos de inundación con expresión municipal con cinco niveles de riesgos (mayor, alto, moderado, bajo y menor). La ocurrencia de inundaciones afecta con diferente severidad a la producción agrícola de la región. En zonas con alta probabilidad de ocurrencia de inundaciones la actividad agrícola es de alto riesgo y generalmente son tierras con uso forestal.

Frecuencia de sequías. La información de riesgo de ocurrencia de sequías proviene principalmente de estudios realizados por instituciones gubernamentales de los diferentes países de la región. Al igual que en el tema de las inundaciones la forma de estimación de estas áreas mayormente afectada por sequías es diversa. En algunos países como en Nicaragua, Honduras y El Salvador se calcula la sequía meteorológica que consiste en una escasez continua de las precipitaciones. La escasez de precipitaciones no toma en cuenta directamente la capacidad de almacenamiento de agua en el suelo ni las necesidades hídricas de los cultivos.

Esto puede significar que algunos cultivos logren satisfacer sus necesidades hídricas aunque se establezca una sequía meteorológica, lo que puede pasar en zonas con suelos capaces de retener bastante humedad y con cultivos que tienen relativamente poca demanda de agua. En otros países se determinan las áreas de mayor riesgo de sequía según la contabilidad de eventos de déficit de precipitaciones que causan pérdidas de las cosechas. En ambos casos las zonas de mayor riesgo de sequía ocurren en la tradicional zona seca de los diferentes países (véase el capítulo I). En el anexo 1 se puede revisar el detalle de cada fuente de información.

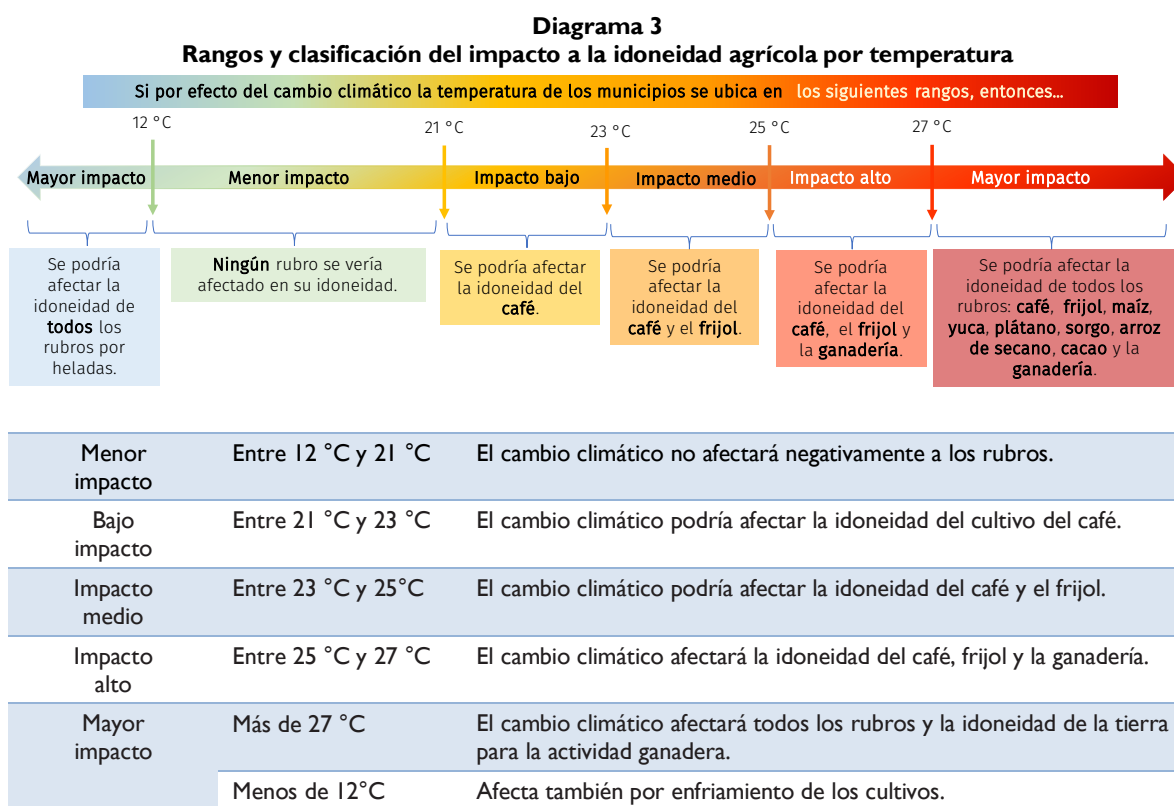
Las sequías son los eventos que causan mayor afectación a la agricultura y la seguridad alimentaria, sobre todo en la producción de secano. Para este estudio de vulnerabilidad también se clasifica en cinco niveles: mayor, alto, moderado, bajo y menor.

b) Indicadores de sensibilidad

Aquí se evalúa el estado de la idoneidad de la tierra para el desarrollo de la agricultura considerando principalmente la producción de maíz, frijoles, café, yuca, plátano, sorgo, arroz de secano y cacao. Se toman los rubros anteriores por diferentes aspectos: disponibilidad de estudios de análisis de idoneidad, importancia en la seguridad alimentaria, importancia

comercial y sensibilidad a los cambios del clima. Otro indicador evaluado es la cobertura forestal. La cobertura forestal es determinante para la infiltración del agua en el suelo y su posterior suministro a acuíferos superficiales, también es un factor de reducción de la degradación del suelo por erosión y en los sistemas pecuarios, los árboles regulan la temperatura, proporcionan sombra a los animales y tienen influencia directa en la producción (como la producción de café)¹¹.

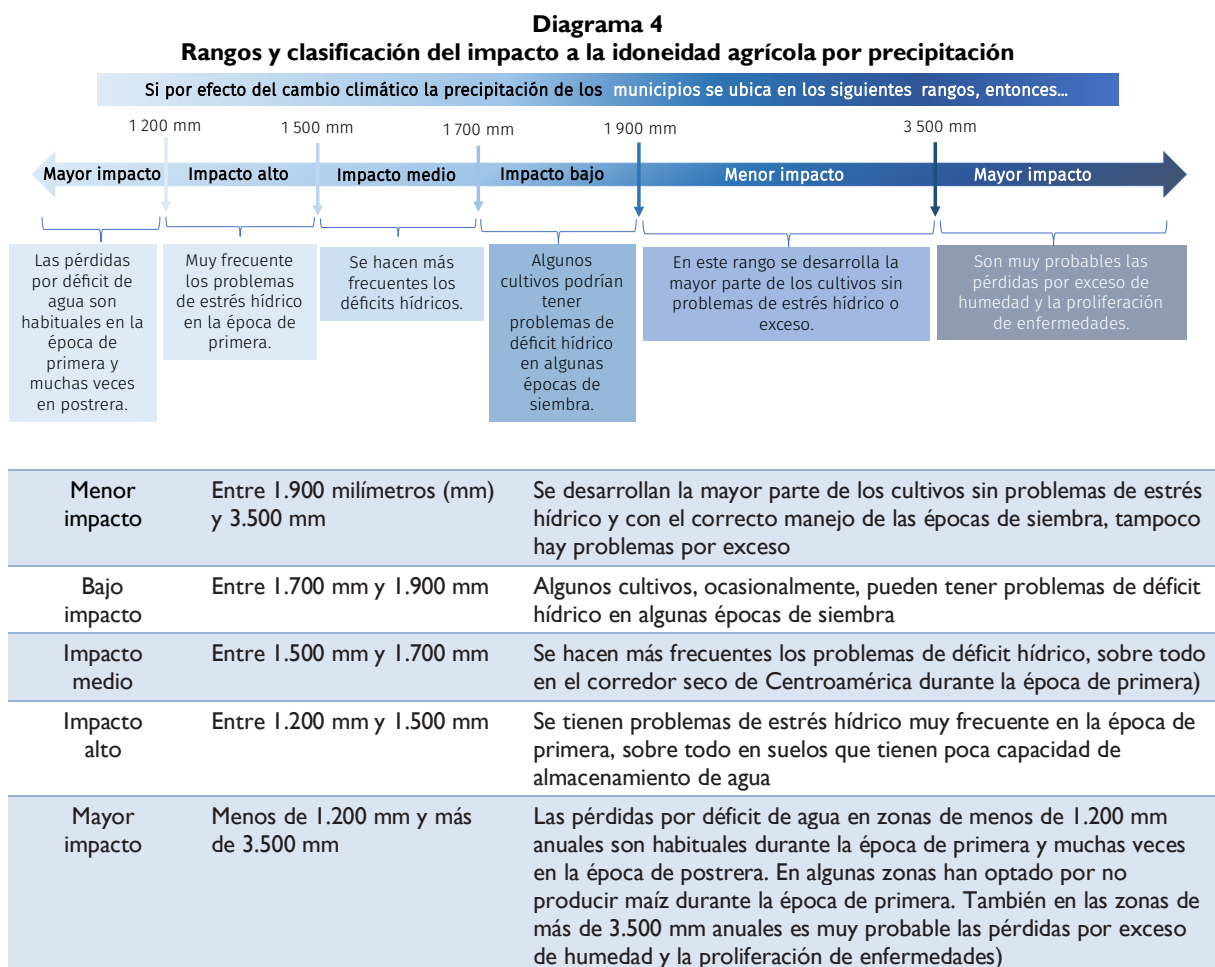
Cambio de la idoneidad agrícola por temperatura. La idoneidad evalúa el estado del potencial productivo de la tierra. Cualquier cambio en las condiciones climáticas significará una reducción en la capacidad agrícola productiva o bien podría mejorar la idoneidad para algunos rubros. Para facilitar el cálculo del indicador, en el caso de la temperatura, se categorizan los diferentes rangos de temperatura en función de los umbrales que afectan la idoneidad de los rubros de: café, frijol, maíz, yuca, plátano, sorgo, arroz de secano, cacao y la ganadería. La categorización quedó determinada en cinco niveles de afectación como se observa en el diagrama 3.



Fuente: Elaboración propia.

¹¹ Martín Mena, del CIAT-Nicaragua, señala que el uso de sistemas silvopastoriles puede aumentar hasta en un litro de leche por vaca por día.

Afectación de la idoneidad agrícola por precipitación. Como se mencionó en capítulos anteriores, el suministro de agua es el factor que por sí solo afecta más la producción agrícola. Los umbrales de precipitación acumulada anual que fueron determinados para los diferentes niveles de afectación se muestran en el diagrama 4.



Fuente: Elaboración propia.

Cobertura forestal. Para la mayor parte de los países la cobertura forestal fue calculada a partir de mapas disponibles de 2019 en la plataforma de Global Forest Watch (2023). En el caso de Nicaragua se utilizó el mapa de uso del suelo 2018 elaborado por INETER y MARENA. Para este estudio de vulnerabilidad se calculó el porcentaje de cobertura forestal por municipio, dividiendo el total de bosque (bosque latifoliado abierto y cerrado, bosque de pino abierto y cerrado, mangle y bosque de palma) entre el total de la superficie del municipio. Las categorías de cobertura forestal son las siguientes:

- Mayor sensibilidad para menos del 15% de cobertura forestal en cada municipio.
- Alta sensibilidad entre el 15% y el 35% de cobertura forestal en cada municipio.
- Sensibilidad media entre el 35% y el 55% de cobertura forestal en cada municipio.

- Sensibilidad baja entre el 55% y el 70% de cobertura forestal en cada municipio.
- Menor sensibilidad más del 70% de cobertura forestal en cada municipio.

Mientras mayor es la cobertura forestal, se observa menor sensibilidad y por ende menor afectación en la vulnerabilidad del sector agrícola.

c) **Indicadores de capacidad adaptativa**

Se evalúan las condiciones de vida de las personas como una medida de capacidad para hacer frente a las amenazas climáticas. Se incluyen indicadores de pobreza, accesibilidad y cobertura del servicio de agua a nivel rural. Es comprensible que aquí podría incluirse otros indicadores adicionales que aporten a la capacidad adaptativa para enfrentar los problemas de la variabilidad y cambio climático, sin embargo, esta información presenta problemas para ser accesible, no se encuentra en los niveles administrativos requeridos o se encuentra muy desactualizada (por ejemplo información de censos y encuestas) para poder construir indicadores a nivel regional que cumplan las condiciones enumeradas al principio de esta sección.

Entre otros posibles indicadores que brinden información de capacidad adaptativa se pueden mencionar: acceso a créditos, remesas del extranjero, ahorro, crédito y seguro, promedio de apoyos gubernamentales per cápita en un municipio, ingreso y producto interno bruto, valor agregado de la producción agrícola, nivel de eficiencia técnica en la producción de alimentos, buenas prácticas agropecuarias, nivel educativo, entre otros. En un futuro si se logra obtener información de estos indicadores se podrán integrar al índice compuesto de capacidad adaptativa y de esta forma retomarlo para el índice de vulnerabilidad ante la variabilidad y cambio climático.

Porcentaje de pobreza. La información de pobreza proviene de diversos tipos de fuentes de los países de la región y diferentes metodologías para estimarla. La República Dominicana (2014), Nicaragua (2006) y Costa Rica (2011) elaboraron mapas de pobreza donde se identifica el porcentaje de pobreza a nivel municipal. Para Guatemala y Honduras se tomó el *INFORM Risk Index 2023* elaborado por la Comisión Europea (INFORM, 2022). Los datos de pobreza de Belice se obtuvieron de los reportes del Censo de Población de 2013. Para El Salvador los datos se obtuvieron de los estudios realizados por el Consejo Centroamericano de Procuradores de Derechos Humanos en 2008.

En el caso de Panamá, los datos son del informe de pobreza y desigualdad del Ministerio de Economía y Finanzas (MEF) y el Banco Mundial (2017). Para mayores detalles se puede consultar el anexo 2. Se espera que esta clasificación de pobreza en los países pueda recoger bien la situación de desigualdades socioeconómicas a nivel de los diferentes municipios de la región (ingresos, acceso a servicios básicos, entre otros).

El porcentaje de pobres se calcula a nivel municipal y fue categorizado en cinco niveles de capacidad adaptativa, considerando que donde existe mayor proporción de pobres menor es su capacidad para adaptarse ante eventos adversos de la variabilidad y cambio climático. Las categorías utilizadas de porcentaje de pobreza a nivel municipal son las siguientes: nivel de pobreza menor (mayor capacidad adaptativa) para menos del 35%, nivel de pobreza baja (alta

capacidad adaptativa) entre el 35% y el 50%, nivel de pobreza media (capacidad adaptativa media) entre el 50% y el 65%, nivel de pobreza alto (capacidad adaptativa baja) entre el 65% y el 75% y nivel de pobreza mayor (capacidad adaptativa menor) más del 75%.

Accesibilidad. La accesibilidad se refiere a la facilidad de trasladarse por parte de la población desde un punto hacia los centros de servicios básicos (salud, educación, comercio, entre otros). Como un indicador simplificado de la accesibilidad se calculó la distancia promedio que existe desde los diferentes puntos del municipio (utilizando una malla cuadrículada de 1 km²) hacia las vías de acceso (caminos y carreteras). Se calculó la distancia en metros de cada centro del pixel elemental de 1 km² al camino más cercano, utilizando el comando “near”. Posteriormente se interpolaron los datos utilizando la técnica de IDW¹². Se dio mejores puntajes de accesibilidad si está cerca de los caminos principales y menor puntaje a las veredas y caminos de tiempo seco. La accesibilidad fue estimada con las facilidades del sistema de información geográfica y a partir de la red de caminos que se pudo obtener para los diferentes países. Se construyó un índice de accesibilidad con cinco niveles:

- Mayor accesibilidad, promedio de acceso a caminos principales entre 0 km y 15 km.
- Alta accesibilidad, promedio de acceso a caminos principales entre 15 km y 40 km.
- Accesibilidad media, promedio de acceso a caminos principales entre 40 km y 70 km.
- Baja accesibilidad, promedio de acceso a caminos principales entre 70 km y 100 km.
- Menor accesibilidad, promedio de acceso a caminos principales mayor de 100 km.

Se construyó el indicador de accesibilidad para el presente documento. La fuente de los datos de red vial puede apreciarse en el anexo 2. La información de red vial obtenida es variable en cuanto a la cantidad de caminos. Se recomienda mejorar la información de la red vial en algunos países por parte de los encargados de generarla en los países.

Cobertura de agua a nivel rural. Este indicador se refiere a la cobertura del servicio de agua potable para uso doméstico en las zonas rurales. Los datos de brecha de agua se categorizaron en cinco niveles: i) mayor cobertura, más del 80%; ii) alta cobertura, entre el 60% y el 80%; iii) cobertura media, entre el 40% y el 60%; iv) baja cobertura, entre el 20% y el 40%; v) menor cobertura, menos del 20%. Mientras más baja es la cobertura de agua menor es la capacidad de adaptación de la población y por consecuencia más vulnerable, sobre todo las mujeres y los niños, que son los más afectados con el déficit de suministro de agua.

2. Tratamiento de los datos

El sistema de indicadores propuesto se basa en el modelo conceptual planteado, que identifica la exposición, sensibilidad o fragilidad y capacidad de adaptación, que a su vez presentan una serie de indicadores. En este sentido, para cada indicador se ha establecido una escala de valoración que facilita el cálculo y comprensión del índice de vulnerabilidad (véase el cuadro 9). A cada categoría, nivel o rango de los nueve indicadores se le asigna un valor de 1 a 5 para cuantificarlos en un solo indicador que será el índice de vulnerabilidad.

¹² “Interpolates a raster surface from points using an inverse distance weighted”.

Cuadro 9
Valores atribuidos a las diferentes categorías de los indicadores

Nombre del indicador	Valor atribuido a la categoría/categoría del indicador				
	1	2	3	4	5
Índice de cobertura forestal	>70%	De 55% a 70%	De 35% a 55%	De 15% a 35%	<15%
Afectación a idoneidad agrícola por temperatura	De 12 °C a 21 °C	De 21 °C a 23 °C	De 23 °C a 25 °C	De 25 °C a 27 °C	>27 °C, <12 °C
Afectación a idoneidad agrícola por precipitación	Entre 1 900 a 3 500 mm/año	Entre 1 700 a 1 900 mm/año	Entre 1 500 a 1 700 mm/año	Entre 1 200 a 1 500 mm/año	Menos de 1 200 y más de 3 500 mm/año
Frecuencia de inundaciones	Menor	Baja	Media	Alta	Mayor
Frecuencia de sequía	Menor	Baja	Media	Alta	Mayor
Frecuencia de ciclones y tormentas	Menor	Baja	Media	Alta	Mayor
Pobreza (-)	Mayor	Alta	Media	Baja	Menor
Accesibilidad (+)	Menor	Baja	Media	Alta	Mayor
Cobertura de agua a nivel rural (+)	<20% Menor	Del 20% al 40% Baja	Del 40% al 60% Medio	Del 60% al 80% Alto	>80% Mayor

Fuente: Elaboración propia.

3. Cálculo del índice de vulnerabilidad

El índice de vulnerabilidad se elaboró a partir de tres índices compuestos: índice de exposición, índice de sensibilidad e índice de capacidad adaptativa. En el apartado 1 de esta sección se mencionan los indicadores utilizados para calcular cada uno de estos índices compuestos. A continuación se detalla la fórmula de cálculo para cada índice.

El índice de exposición (Exp) se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Exp} = 0,2 * \text{Inun} + 0,2 * \text{Cicl} + 0,6 * \text{Seq}$$

donde:

Inun = indicador de frecuencia de inundaciones (valores de 1 a 5, donde 1 es menor riesgo de inundaciones y menor exposición y 5 mayor riesgo de inundaciones y mayor exposición).

Cicl = indicador de ciclones y tormentas (valores de 1 a 5, donde 1 menor afectación y menor exposición y 5 mayor afectación y mayor exposición).

Seq = indicador de frecuencia de sequías (valores de 1 a 5, donde 1 menor riesgo de sequía y menor exposición y 5 mayor riesgo de sequía y mayor exposición).

Se le da una mayor ponderación al indicador de frecuencia de sequía por considerar que es el evento que más afecta la producción de alimentos y la seguridad alimentaria y mayor certeza de la atribución del cambio climático de este tipo de eventos. Estas ponderaciones fueron consultadas a los miembros del Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral del

Riesgo del Consejo Agropecuario Centroamericano (GTCCGIR CAC)¹³ quienes dieron el visto bueno. Solo Nicaragua expresó que su país es más impactado por los huracanes y tormentas que por sequías; sin embargo, se explicó que por ser un índice regional se le daba mayor peso a la sequía que ha impactado un mayor territorio en el conjunto de los países. Se recomienda tomar en cuenta este comentario al momento de compararlo con un resultado a nivel nacional para Nicaragua.

El índice de sensibilidad fue elaborado con dos indicadores de idoneidad (por temperatura y por precipitación) y un indicador de cobertura forestal. El índice de sensibilidad (Sen) se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\text{Sen} = 0,3 * \text{CF} + 0,35 * \text{Temp} + 0,35 * \text{Prec}$$

donde:

CF = indicador de porcentaje cobertura forestal (valores de 1 a 5, donde 1 es mayor cobertura y menor sensibilidad y 5 es menor cobertura y mayor sensibilidad)

Temp = indicador de idoneidad debido a temperatura (valores de 1 a 5, donde 1 es mayor idoneidad de los cultivos y menor sensibilidad y 5 es menor idoneidad de los cultivos y mayor sensibilidad)

Prec = indicador de idoneidad debido a precipitación (valores de 1 a 5, donde 1 es mayor idoneidad de los cultivos y menor sensibilidad y 5 es menor idoneidad de los cultivos y mayor sensibilidad)

Se le da igual peso al indicador de precipitación y temperatura debido a que tienen más influencia en la afectación del rendimiento y por ser más determinantes en los cambios de idoneidad. Estos porcentajes también fueron consultados con el GTCCGIR CAC quienes dieron su visto bueno.

El índice de capacidad adaptativa fue elaborado con tres indicadores, que estuvieron disponibles para todos los países: pobreza, accesibilidad y cobertura de agua potable. El índice de capacidad adaptativa (CA) se calcula a través de la siguiente ecuación:

$$\text{CA} = 0,4 * \text{Pobre} + 0,4 * \text{Acce} + 0,2 * \text{Agua}$$

donde:

Pobre = indicador de porcentaje pobreza rural (valores de 1 a 5, donde 1 es mayor pobreza y menor capacidad adaptativa y 5 es menor pobreza y mayor capacidad adaptativa)

Acce = indicador de accesibilidad (valores de 1 a 5, donde 1 es menor accesibilidad y menor capacidad adaptativa y 5 mayor accesibilidad y mayor capacidad adaptativa)

Agua = indicador de cobertura de agua (valores de 1 a 5, donde 1 es menor cobertura y menor capacidad adaptativa y 5 es mayor cobertura y mayor capacidad adaptativa)

Se le da más peso al indicador de pobreza debido a que tiene más influencia en la capacidad adaptativa de las familias rurales (Rodríguez y otros, 2016). Por otro lado, el indicador de accesibilidad también tiene peso alto debido a la importancia del acceso durante la ocurrencia

¹³ Conformado por funcionarios y técnicos de los Ministerios de Agricultura de la región SICA.

de eventos climáticos adversos, la salida de la producción o la llegada de la asistencia durante eventos climáticos adversos puede limitar en gran medida la capacidad adaptativa de los territorios menos accesibles. Estos porcentajes también fueron consultados con el GTCCGIR CAC quienes dijeron estar de acuerdo.

Finalmente, el índice de vulnerabilidad (VUL) se calcula a través de los tres índices anteriores: exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

$$VUL = 2*Exp + Sen - CA$$

donde:

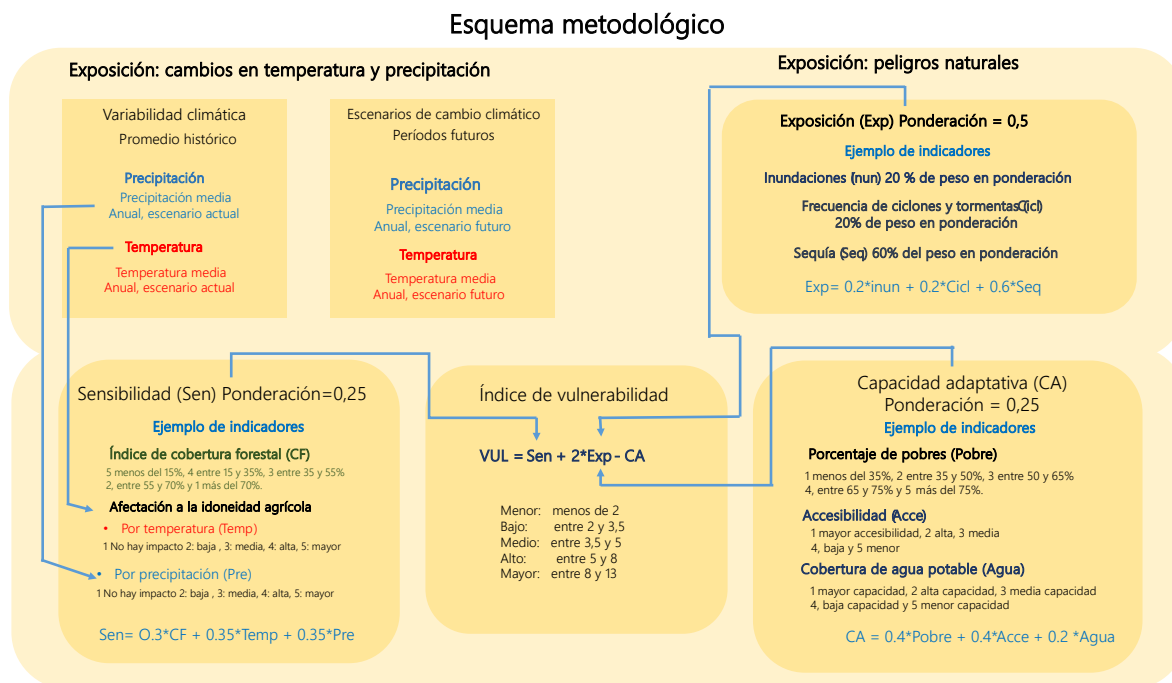
Sen = índice de sensibilidad (valores de 1 a 5, donde 1 es menor sensibilidad y 5 es mayor sensibilidad)

Exp = índice de exposición (valores de 1 a 5, donde 1 es menor exposición y 5 es mayor exposición)

CA = capacidad adaptativa (valores de 1 a 5, donde 1 es menor capacidad adaptativa y 5 es mayor capacidad adaptativa)

Luego de evaluar los resultados del índice de vulnerabilidad, calculado con diferentes pesos para cada uno de los tres índices utilizados (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) se determinó que dando más peso al índice de exposición los resultados de la vulnerabilidad coincidían mejor con las zonas vulnerables reportadas en diferentes países. Estos pesos fueron validados por el GTCCGIR CAC.

Diagrama 5
Resumen de metodología del cálculo del índice de vulnerabilidad



Fuente: Elaboración propia.

En el diagrama 5 se resume la forma de cálculo del índice de vulnerabilidad. En la sección de “Exposición: cambios en temperatura y precipitación” se observa dos recuadros, uno de ellos para la variabilidad climática con condiciones promedio actuales de temperatura y precipitación y otro recuadro para proyecciones climáticas con escenarios de cambio climático que se presentará en el siguiente capítulo. Ambas condiciones cambian el índice de sensibilidad y por tanto cambian la vulnerabilidad del sector agrícola.

E. Resultados

I. Alcances de los resultados

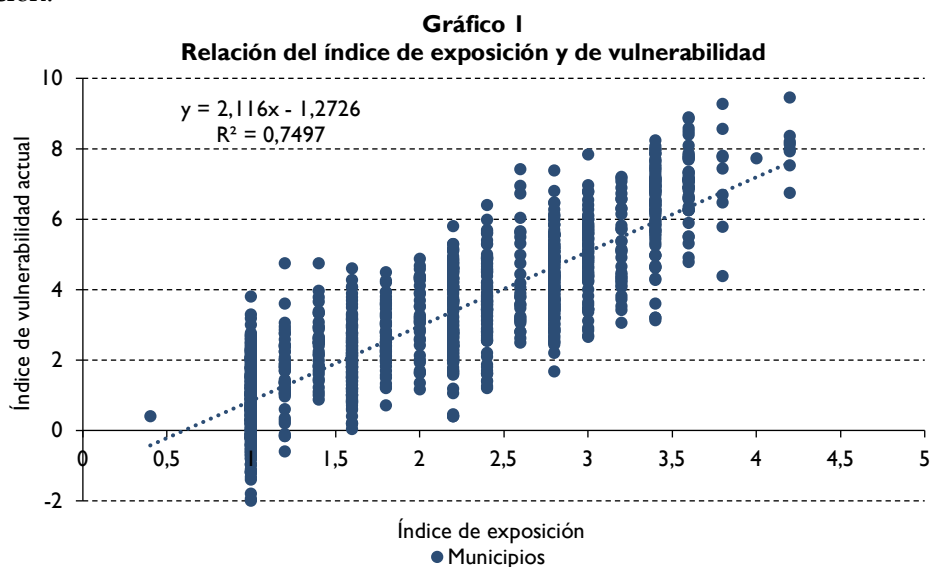
Los resultados presentados en el presente informe fueron calculados a partir de la información disponible de las diferentes variables que intervienen en el análisis de vulnerabilidad. Se ha omitido la utilización de información muy detallada de algunos países que solo está disponible para algunos municipios, con la perspectiva de poder tener resultados que sean comparativos dentro de la región. La mejora de la información o la inclusión de nuevas variables en el análisis necesariamente tendrán que pasar por la condición que se pueda obtener la información bastante homogénea para toda la región.

2. Exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa

Como parte de la construcción del índice de vulnerabilidad del sector agrícola al clima se calcularon índices compuestos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa.

a) Correlación de los índices

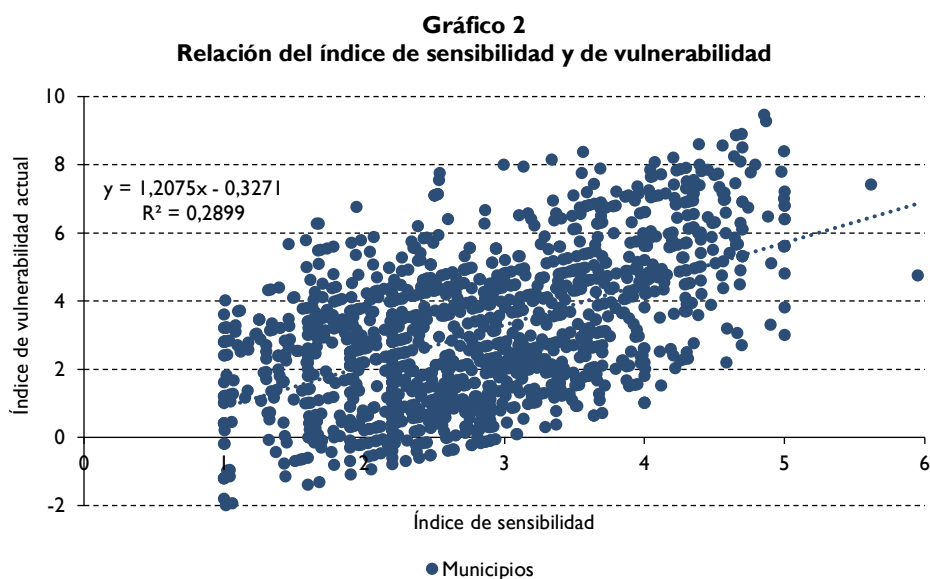
Se realizó la correlación del índice de exposición con el índice de vulnerabilidad y se obtuvo un coeficiente de correlación o de determinación de 0,75, es decir, que según el modelo de regresión utilizado el 75% de varianza total de la vulnerabilidad está siendo explicada por la exposición.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cada punto es el resultado de los índices para cada municipio.

También se puede observar como la relación entre la exposición y la vulnerabilidad es directa, es decir, que al aumentar la exposición a amenazas como sequías, inundaciones y huracanes aumenta la vulnerabilidad de la agricultura. Por cada unidad que aumenta el índice de exposición se tendría un aumento de 2,1 en el índice de vulnerabilidad, si el resto de los indicadores se mantiene sin cambios. En el gráfico 2 se puede observar que existe una relación directa entre el índice de sensibilidad y el índice de vulnerabilidad. Cerca del 30% de la varianza total de la vulnerabilidad de la agricultura está siendo explicada por el índice de sensibilidad según el modelo de análisis propuesto.



Fuente: Elaboración propia.

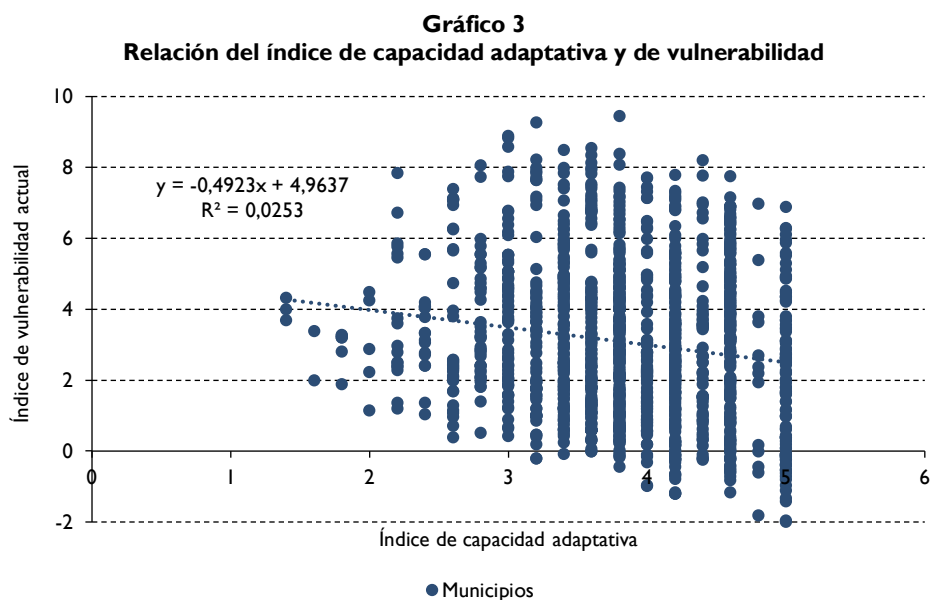
Nota: cada punto es el resultado de los índices para cada municipio.

Además, se puede observar que la pendiente de la recta de regresión es de 1,21, esto significa que por cada unidad del índice de sensibilidad aumenta en más de una unidad el índice de vulnerabilidad. Esto se puede traducir a estrategias que lleven a disminuir la sensibilidad en los territorios y esto se puede lograr utilizando cultivos que se adapten mejor al cambio climático o realizando prácticas que mejoren la adaptación de las variedades actuales ante la variabilidad y el clima actual.

La capacidad adaptativa, como es lógico, se muestra inversamente proporcional a la vulnerabilidad. Sin embargo, la relación entre estas es muy baja, prácticamente no está incidiendo en el índice de vulnerabilidad. La capacidad adaptativa debe ser relevante en el análisis de vulnerabilidad, se debe de enriquecer el análisis con variables adicionales y ponderar más alto el índice de capacidad adaptativa en el cálculo de la vulnerabilidad.

En el cuadro 10 se observan los valores promedios de los índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Se observa como los valores de los índices de exposición y sensibilidad están directamente relacionados con el índice de vulnerabilidad obteniéndose los valores más altos cuando la vulnerabilidad es muy alta y los valores más bajos cuando la

vulnerabilidad es muy baja. En cambio, los valores promedio del índice de capacidad adaptativa, son inversamente proporcional al valor de vulnerabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cada punto es el resultado de los índices para cada municipio.

Cuadro 10
Valores promedios de los índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa por categoría de vulnerabilidad

Vulnerabilidad	Exposición	Sensibilidad	Capacidad adaptativa
Mayor	2.7	3.3	3.7
Alta	1.8	2.6	3.8
Media	1.5	2.4	3.8
Baja	1.4	2.2	4.1
Menor	1.2	1.9	4.2
Total	2.3	3.0	3.8

Fuente: Elaboración propia.

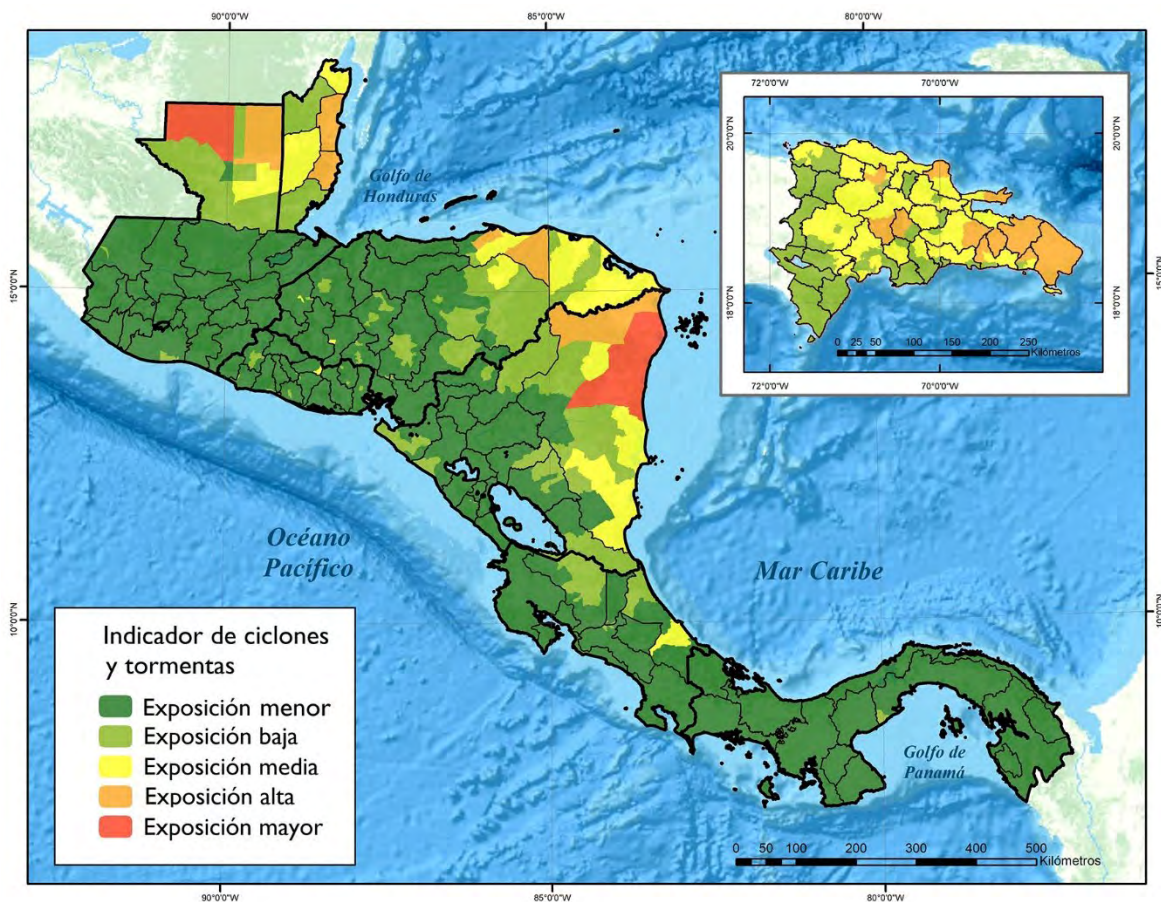
En resumen, el índice de exposición muestra mejor correlación con la vulnerabilidad seguido por el índice de sensibilidad; en cambio, el índice de capacidad adaptativa no se encuentra correlacionado con el índice de vulnerabilidad. Por lo anterior, el índice de vulnerabilidad agrícola se explica por la exposición y la sensibilidad. Esto último puede sugerir que se deben utilizar más indicadores para el cálculo del índice de capacidad adaptativa.

En su estudio de vulnerabilidad de la agricultura en México, Monterroso y otros (2012) encontraron alta correlación de la vulnerabilidad agrícola con indicadores de sensibilidad como la población y la salud. Quizás incluir este tipo de indicadores en el cálculo de la capacidad adaptativa podría mejorar la correlación con la vulnerabilidad agrícola en la región.

b) Exposición

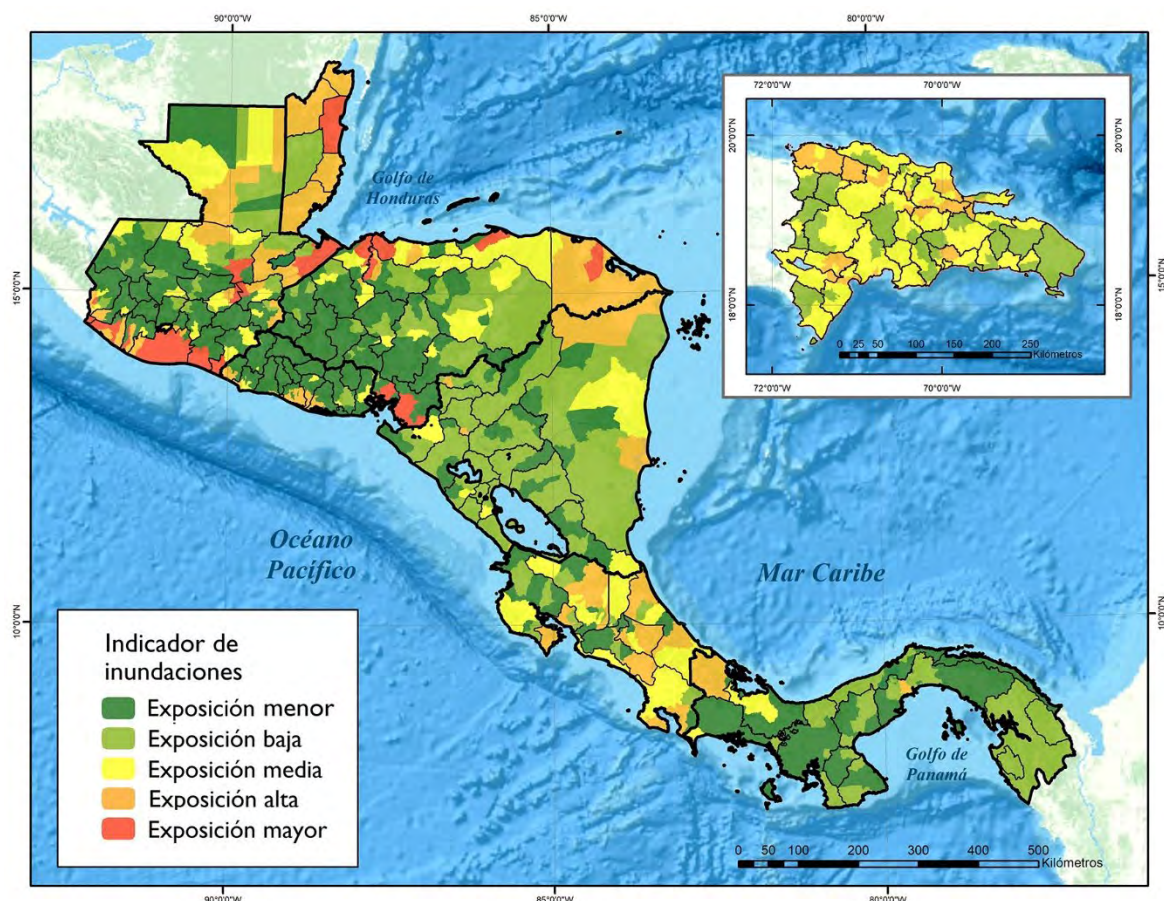
En los mapas 1 a 3 se presentan los indicadores de ciclones y tormentas, inundación y sequía que fueron utilizados para el cálculo del índice de exposición (véase el mapa 4). En Centroamérica la zona más expuesta corresponde mayormente al corredor seco (véase el mapa 4) donde se encuentran los valores mayores, altos y medios. La zona menos expuesta se encuentra en la región húmeda y semihúmeda del Caribe. La zona de muy baja exposición coincide con valores muy bajos de riesgos de sequía, riesgos bajos de huracanes y tormentas y riesgos de bajos a moderados de inundaciones.

Mapa 1
Centroamérica y República Dominicana: indicador de exposición a huracanes y tormentas tropicales



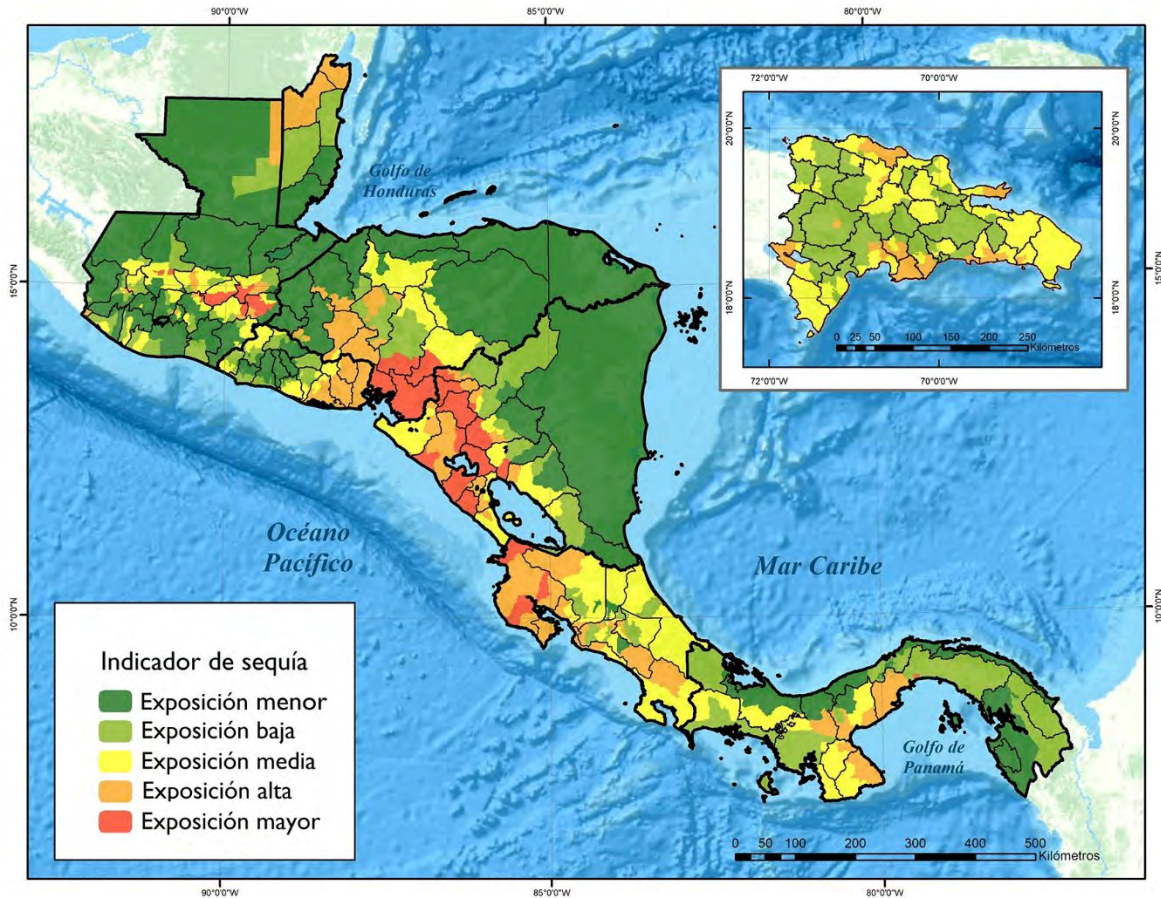
Fuente: Elaboración propia, sobre la base de K.R. Knapp y otros, *International best track archive for climate stewardship (IBTrACS) Project, Version 4. [NA, EP, GM, CP]* National Centers for Environmental Information (NOAA) (2018) [en línea] <https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552>, y K.R. Knapp y otros, "The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data", *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 91, págs. 363-376, 2010 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml.

Mapa 2
Centroamérica y República Dominicana: indicador de exposición a inundaciones



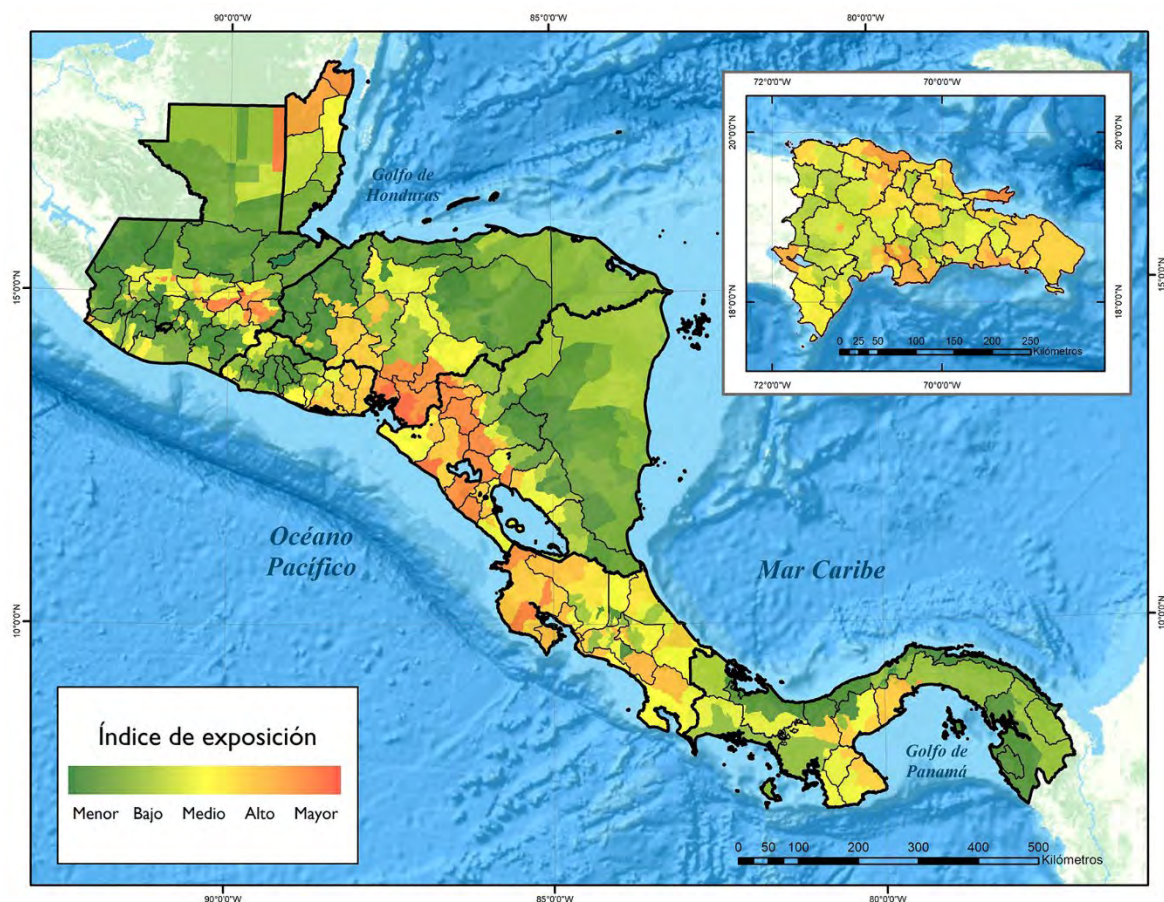
Fuente: Elaboración propia, sobre la base de [para Belice] M. Trigg y A. Smith, CHaRIM Project, Belize National Flood Hazard Mapping Methodology and Validation Report (final version), SSBN Ltd & University of Bristol, as part of the ITC Consortium, 2016 [en línea] <https://pdf4pro.com/amp/view/charim-belize-national-flood-hazard-mapping-937e6.html>; [para Costa Rica] A. Brenes, Informe Final: gestión del riesgo y vulnerabilidad en Costa Rica. Vigésimosegundo informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible, San José, 2016 [en línea] <https://docplayer.es/56072738-Vigesimosegundo-informe-estado-de-la-nacion-en-desarrollo-humano-sostenible-informe-final-gestion-del-riesgo-y-vulnerabilidad-en-costa-rica.html> [fecha de consulta: 9 de octubre de 2022]; [para El Salvador] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Catálogo Mapa Nacional de Riesgo Ambiental, en el marco del Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental, San Salvador, 2018 [en línea] <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/catalogo-mapa-nacional-de-riesgo-ambiental-en-el-marco-del-plan-nacional-de-prevencion-y-contingencia-ambiental/> [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022]; [para Guatemala] Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala/Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala (MAGA/MCIV), Estimación de amenazas inducidas por fenómenos hidro meteorológicas en la República de Guatemala, Programa de Emergencia por Desastres Naturales (PEDN/MAGA) Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Guatemala, 2002 [en línea] <http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0069/doc0069.pdf>. Se tomó el mapa de municipios priorizados según amenaza de inundación, considerando los registros de inundación y áreas inundables.; [para Honduras] Universidad Autónoma de Honduras (UNAH), Atlas climático y gestión de riesgo en Honduras, 2012 [en línea] <https://www.studocu.com/in/document/dharmsinh-desai-university/dot-net/atlas-climatico-y-de-gestion-de-riesgo-de-honduras/23348341> [fecha de consulta] 11 de octubre de 2022; [para Nicaragua] Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), MapStore, [en línea] <https://servidormapas.ineter.gob.ni/mapstore/#/> [fecha de consulta: 11 de octubre de 2022]; [para Panamá] Ministerio de Ambiente de Panamá/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (MiAmbiente/PNUD), Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático Panamá, Ciudad de Panamá, 2018 [en línea] <https://www.undp.org/es/panama/publications/tercera-comunicaci%C3%B3n-nacional-sobre-cambio-clim%C3%A1tico>; [para República Dominicana] Programa Mundial de Alimentos (PMA) Análisis Integrado de Contexto (ICA): República Dominicana., Santo Domingo, 2017 [en línea] <https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000039498/download/> [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Mapa 3
Centroamérica y República Dominicana: indicador de exposición a sequías



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de [para Belice] Ambergris Today Online, “Extended Draught Warning for Belize”, 2019 [en línea] <https://www.ambergristoday.com/news/2019/07/30/extended-draught-warning-belize/>; [para Costa Rica] B. Soto, Las condiciones de sequía y estrategia de gestión en Costa Rica, Programa de gestión integrada de sequías, 2013 [en línea] https://www.droughtmanagement.info/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Costarica_2013.pdf [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022]; [para El Salvador] Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), *Catálogo Mapa Nacional de Riesgo Ambiental, en el marco del Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental*, San Salvador, 2018 [en línea] <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/catalogo-mapa-nacional-de-riesgo-ambiental-en-el-marco-del-plan-nacional-de-prevencion-y-contingencia-ambiental/> [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022]; [para Guatemala] Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala (MCIV), Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Sistema de Vigilancia de la sequía agrícola. índices de Sequía, 2023 [base de datos en línea] <http://svsa.insivumeh.gob.gt/mapas> [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022]; [para Honduras] Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente (SERNA), *Las condiciones de sequía y estrategias de gestión en Honduras*, 2013 [en línea] https://www.droughtmanagement.info/literature/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Honduras_2013.pdf; [para Nicaragua] Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), *MapStore, Mapa de riesgo de sequía*, 2022 [en línea] <https://servidormapas.ineter.gob.ni/mapstore/#/viewer/openlayers/56> [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022]; [para Panamá] Ministerio de Ambiente/ Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (MiAmbiente/CNUCLD), *Plan nacional de sequía para Panamá*, Ciudad de Panamá, noviembre de 2020 [en línea] https://www.unccd.int/sites/default/files/country_profile_documents/Plan%20Nacional%20contra%20la%20Sequia.pdf; [para República Dominicana] Programa Mundial de Alimentos (PMA), *Análisis Integrado de Contexto (ICA): República Dominicana*, Santo Domingo, 2017 [en línea] <https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000039498/download/> [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Mapa 4
Centroamérica y República Dominicana: índice de exposición



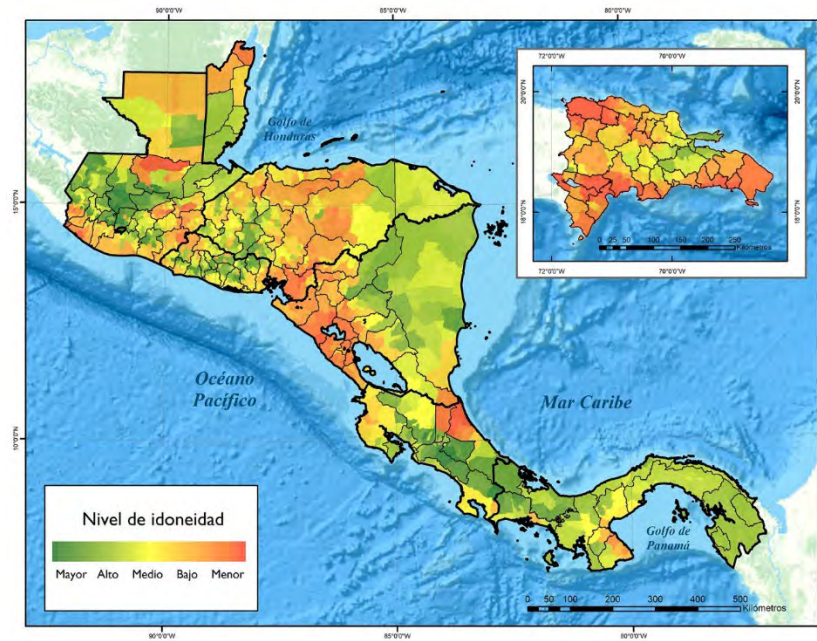
Fuente: Elaboración propia.

c) **Sensibilidad**

En los mapas 5 y 6 se presentan los indicadores utilizados para calcular el índice de sensibilidad. La idoneidad se calculó con base a las condiciones climáticas actuales. En el siguiente capítulo se presentan los cálculos bajo diferentes escenarios climáticos. En el mapa 7 se presenta el resultado del índice de sensibilidad. Al igual que para el cálculo de la idoneidad, el índice de sensibilidad considera las condiciones climáticas actuales. Al igual que el índice de exposición, el índice de sensibilidad es mayor en el corredor seco; sin embargo, se observa una zona más amplia de valores altos y mayores.

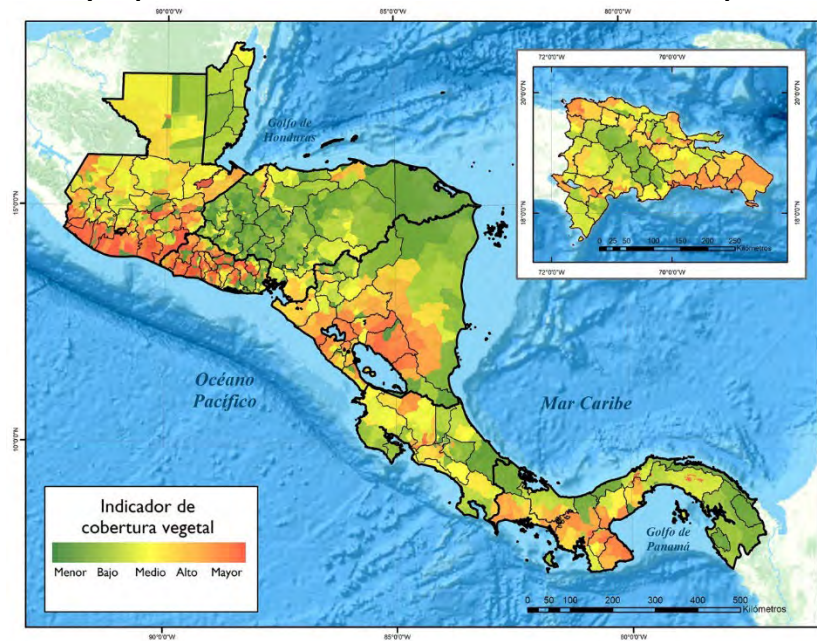
La zona con más baja sensibilidad corresponde con los municipios que tienen alto porcentaje de cobertura forestal, baja sensibilidad a los cambios de idoneidad por la disminución de las precipitaciones y aumento de temperatura. Las zonas con mayor sensibilidad son aquellas en las que las precipitaciones anuales son escasas y mal distribuidas y cualquier reducción de las precipitaciones, ocasionaría una disminución en la idoneidad para el desarrollo de cultivos de los cultivos.

Mapa 5
Centroamérica y República Dominicana: indicador de idoneidad de los cultivos agrícolas a las condiciones actuales de temperatura y precipitación para sensibilidad



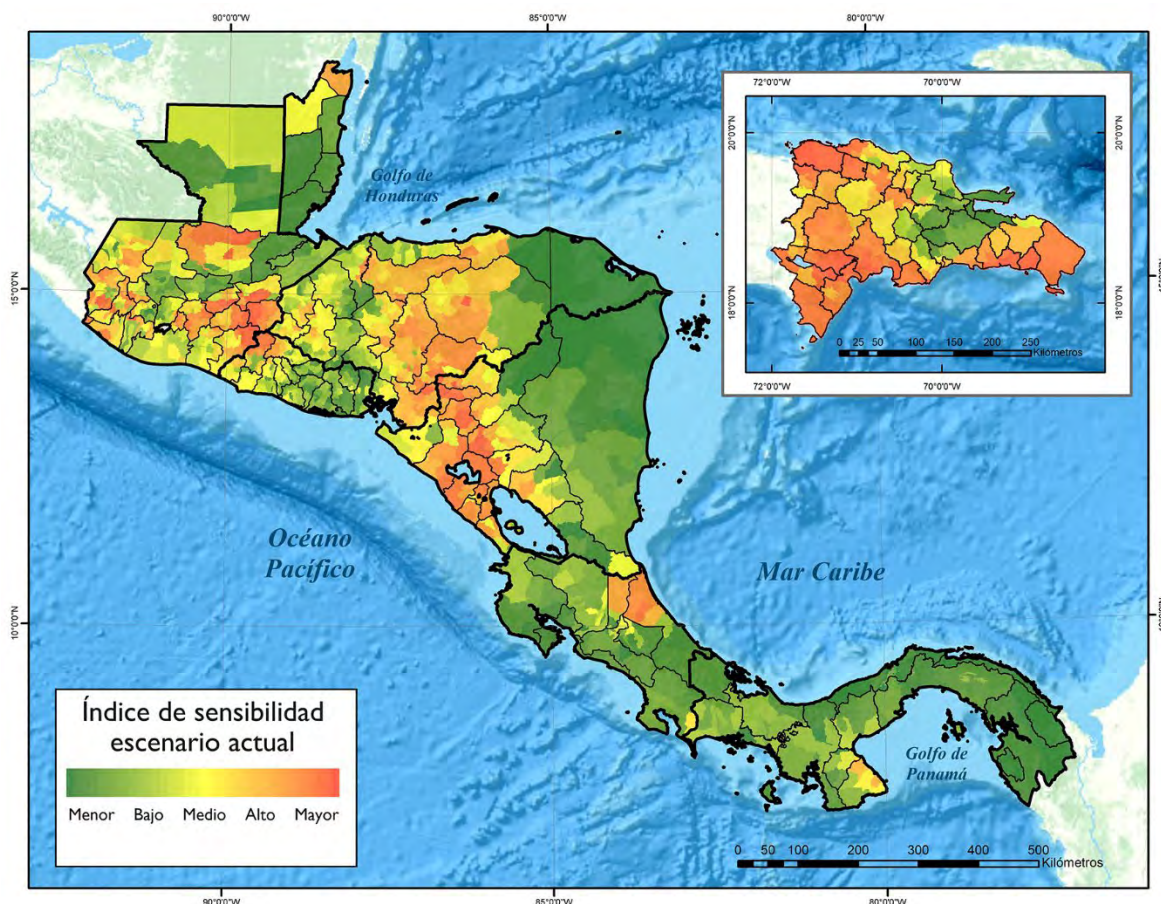
Fuente: Elaboración propia.

Mapa 6
Centroamérica y República Dominicana: indicador de cobertura forestal para la sensibilidad



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de [para Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Panamá y República Dominicana] M.C. Hansen y otros (2022), "Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data", *Environmental Research Letters*, vol 17, N° 3 [en línea] <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec>; datos disponibles [en línea] <https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3>; [para Nicaragua] Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), MapStore, Mapa de uso del suelo 2018 [en línea] <https://servidormapas.ineter.gob.ni/mapstore/#/> [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].

Mapa 7
Centroamérica y República Dominicana: índice de sensibilidad en el escenario actual



Fuente: Elaboración propia.

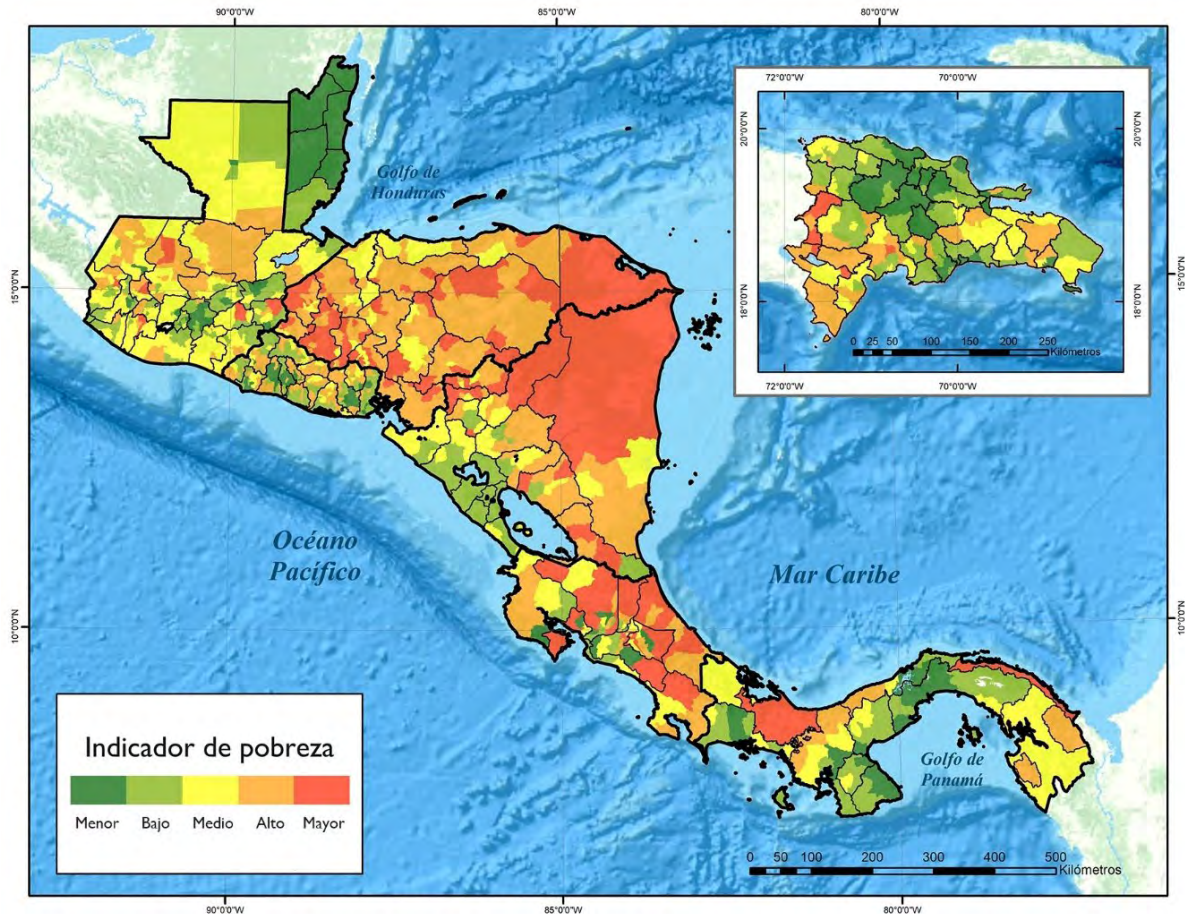
d) Capacidad adaptativa

En los mapas 8 a 10 se ilustran los resultados de los indicadores de capacidad adaptativa y en el mapa 11 se observa el resultado del índice de capacidad adaptativa. Los valores más altos de capacidad adaptativa se tienen en zonas de mayor accesibilidad, menor brecha al suministro de agua y menor pobreza. En cambio, en las zonas donde la pobreza es más alta, la accesibilidad más baja y la brecha al suministro de agua más alta, es donde se presenta la menor capacidad adaptativa.

La brecha del suministro de agua se encuentra bien relacionada con la vulnerabilidad de las mujeres y niños ante la falta del vital líquido. La pobreza está directamente relacionada con el surgimiento de problemas graves de salud y esto se debe, principalmente, a la falta de acceso a fuentes de agua potable. Según un artículo publicado por Ayuda en Acción (2017), como consecuencia del cambio climático, muchas de las zonas afectadas por la escasez y demás problemas del agua suelen padecer importantes episodios de sequía (un hecho que empeora la situación de desventaja de la que parten estos países).

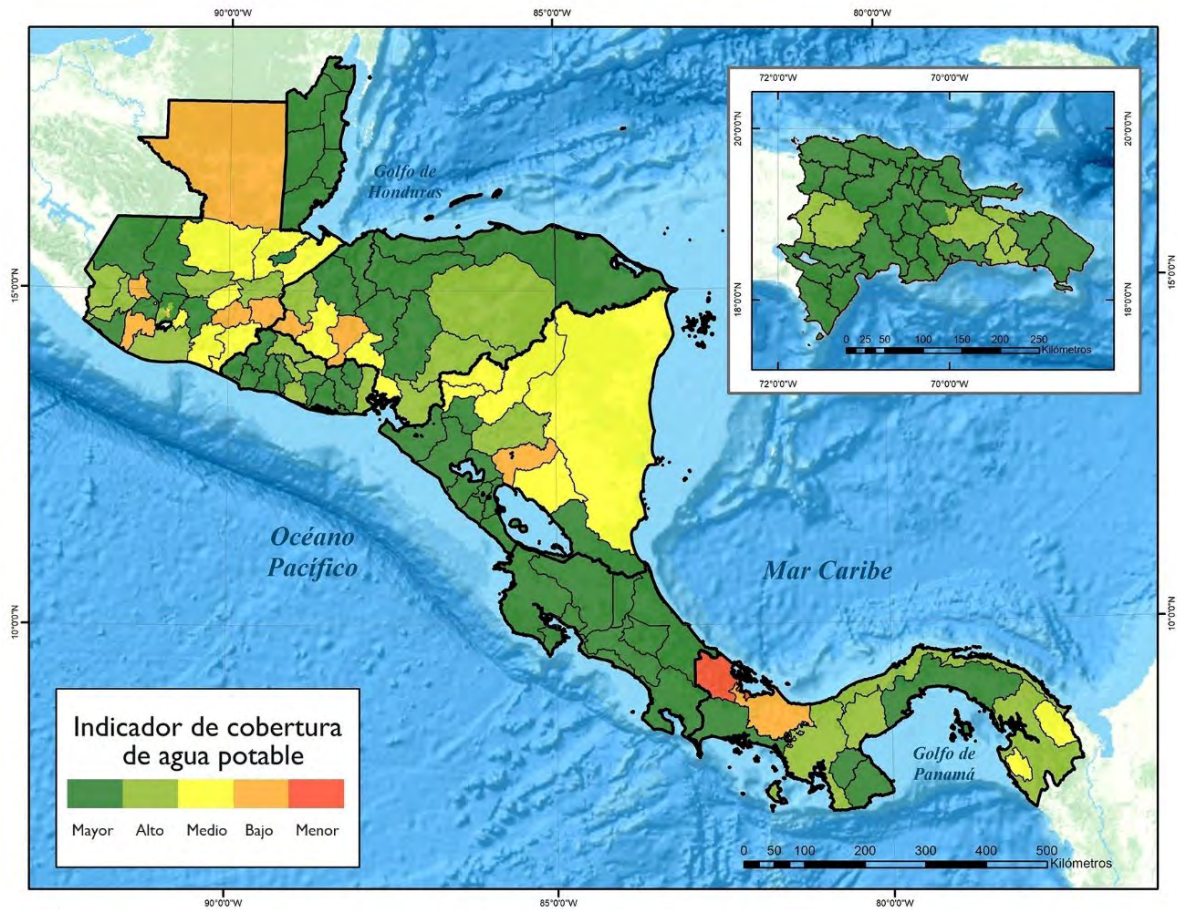
Por si esto fuera poco, la falta de lluvias en estos lugares se verá incrementada a causa del cambio climático, lo que se traducirá en un mayor número de incendios y la pérdida de grandes recursos naturales a causa de la evaporación de grandes masas de agua en los lagos y ríos. Para reducir la vulnerabilidad es necesario dirigir programas y proyectos que permitan disminuir considerablemente la brecha al suministro de agua.

Mapa 8
Centroamérica y República Dominicana: indicador de pobreza para la capacidad adaptativa



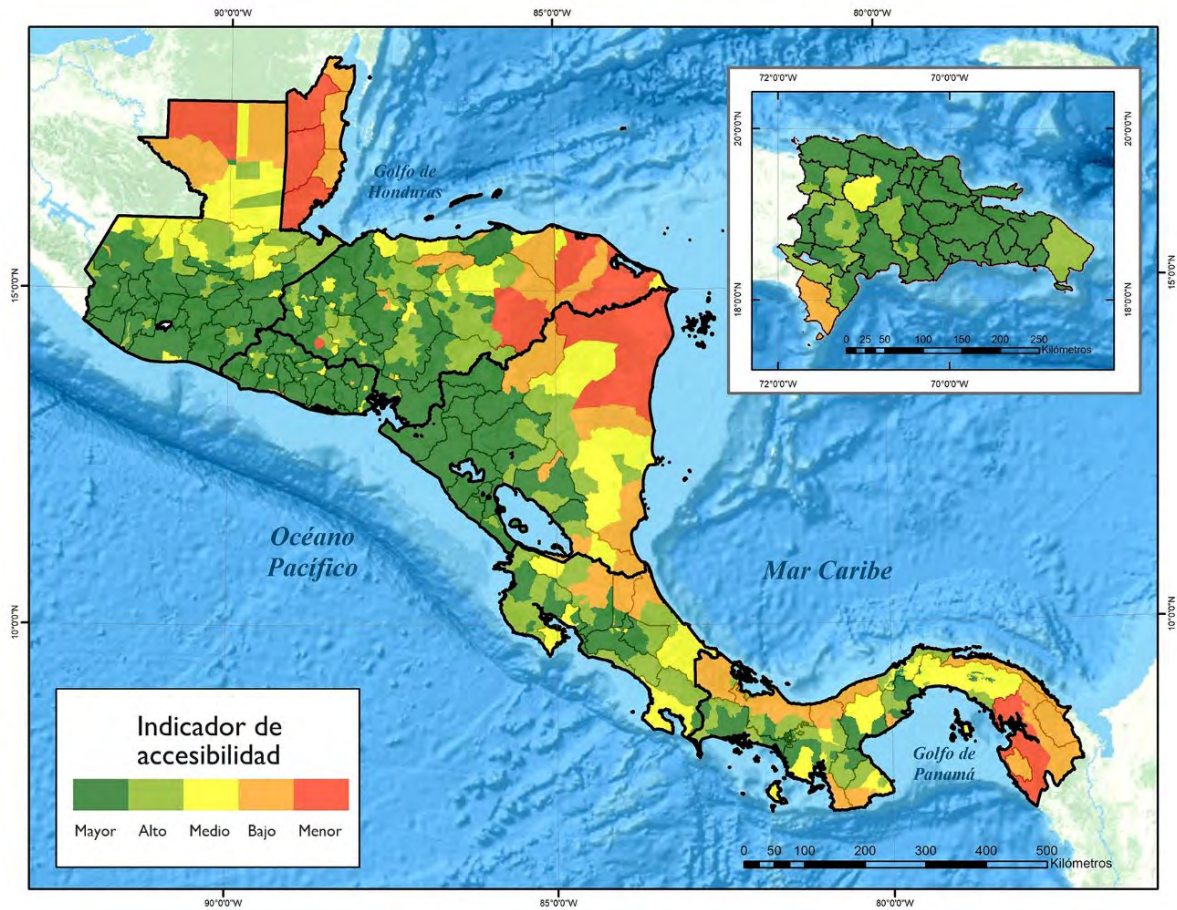
Fuente: Elaboración propia, sobre la base de [para Belice] SBI (Statistical Institute of Belize) (2013), *Belize population and housing census: country report 2010*, Belmopán, Belize [en línea] <https://sib.org.bz/publications/census-reports/> [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]; [para Costa Rica] Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), *Costa Rica: mapas de pobreza 2011*, San José, 2013 [en línea] https://admin.inec.cr/sites/default/files/media/mepobrezacenso2011-01.pdf_2.pdf [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022]; [para El Salvador] Consejo Centroamericano de Procuradores de Derechos Humanos (CCPDH), *Políticas públicas regionales sobre la reducción de la pobreza en Centroamérica y su incidencia en el pleno disfrute de los derechos humanos. Informe Nacional El Salvador, 2008* [en línea] <https://www.corteidh.or.cr/tablas/27141.pdf> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]; [para Guatemala y Honduras] INFORM (2022), *INFORM Risk Index 2023*, Inter-Agency Standing Committee Reference Group on Risk, Early Warning and Preparedness - Comisión Europea, Centro Común de Investigación de la Comisión Europea [en línea] <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index/>. [para Nicaragua] Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo (INIDE) *Mapa de pobreza extrema municipal por el método de necesidades básicas insatisfechas (NBI), 2006* [en línea] <https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/CifrasMun/MapPobrezaM.pdf>; [para Panamá] Ministerio de Economía y Finanzas/Banco Mundial (MEF/BM), *Pobreza y desigualdad en Panamá: mapas a nivel de distritos y corregimientos: año 2015, 2017* [en línea] <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2020/12/Pobreza-y-desigualdad-en-Panama-Mapas-a-nivel-de-Distritos-y-Corregimientos-2015.pdf> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022]; [para República Dominicana] A. Morillo, *Mapa de pobreza en la República Dominicana 2014*, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD), 2022 [en línea] https://mepyd.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/uaaes/mapa_pobreza/2014/Mapa%20de%20la%20pobreza%202014,%20informe%20general,%20editado%20final%20FINAL.pdf.

Mapa 9
Centroamérica y República Dominicana: indicador de cobertura de agua potable para la capacidad adaptativa



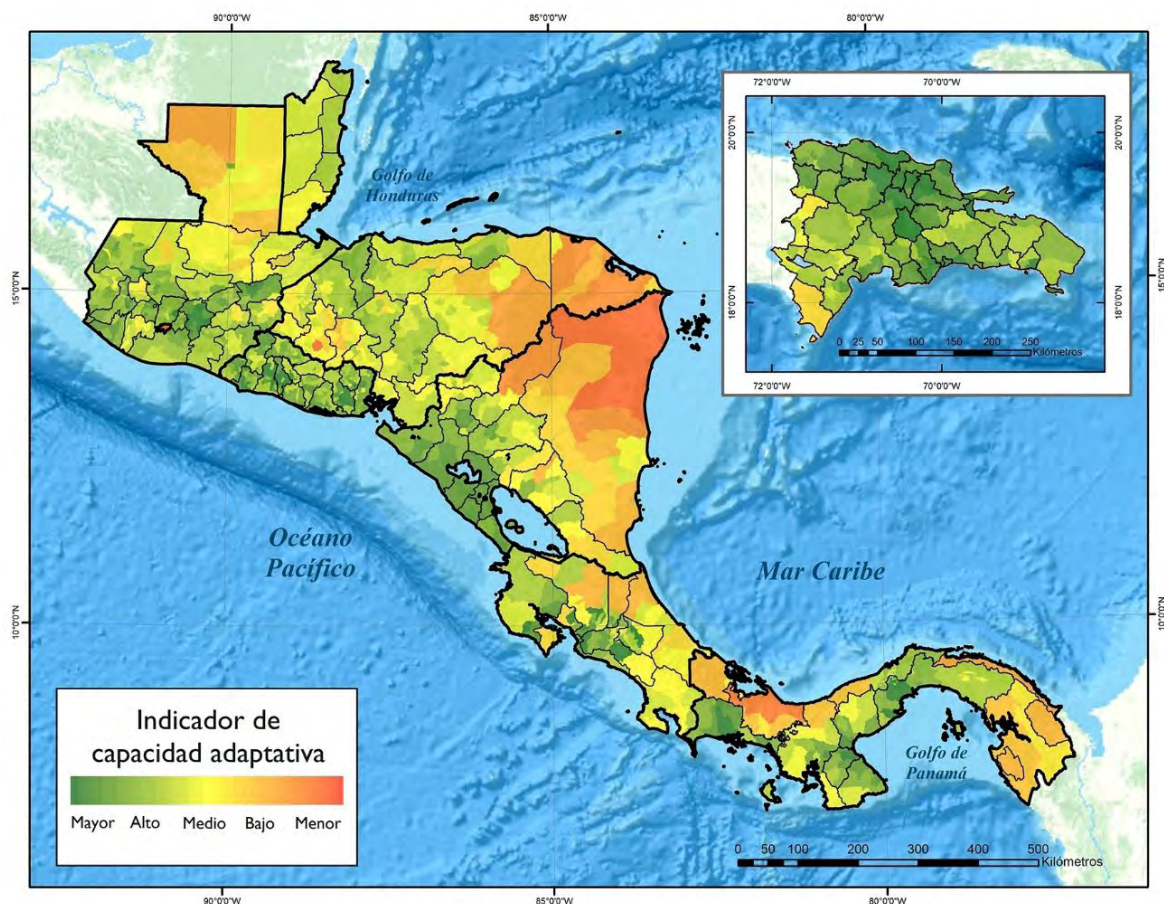
Fuente: Elaboración propia, sobre la base de [para Belice, Costa Rica, El Salvador, Honduras, Guatemala, Nicaragua y la República Dominicana] S. Alkire, U. Kanagaratnam y N. Suppa, "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", *OPHI MPI Methodological Notes*, N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] <https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/>; [para Panamá] Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica, Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: agua para todos, Ciudad de Panamá, 2016 [en línea] <https://www.undp.org/es/panama/publications/plan-nacional-de-seguridad-h%C3%Addrica-2015-2050-agua-para-todos> [fecha de consulta: 9 de octubre de 2022].

Mapa 10
Centroamérica y República Dominicana: indicador de accesibilidad a caminos para la capacidad adaptativa



Fuente: Elaboración propia, sobre la base de [para Belice] J. Meerman J. y J. Clabaugh, *Biodiversity and Environmental Resource Data System of Belize*, 2017 [en línea] http://www.biodiversity.bz/Belize_Roads_1909.zip y R. Hijmans (2022), *DIVA-GIS*, Universidad de California Davis, [en línea] [DIVA-Gis https://www.diva-gis.org/gdata](https://www.diva-gis.org/gdata); [para Costa Rica, El Salvador, Honduras, Panamá y la República Dominicana] R. Hijmans, *DIVA-GIS*, Universidad de California Davis, 2022 [en línea] https://biogeo.ucdavis.edu/data/diva/rds/CRI_rds.zip; [para Guatemala] Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia (SEGEPLAN), Sistema de Información Territorial. Descargas, 2022 [en línea] <http://ide.segeplan.gob.gt/descargas.php>, http://ide.segeplan.gob.gt/descarga_shp/caminos_gtm.zip; [para Nicaragua] Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), División General de Planificación, División de Administración Vial, *Red vial de Nicaragua 2020* [en línea] <https://es.scribd.com/document/598229004/Red-Vial-de-Nicaragua-2020>.

Mapa 11
Centroamérica y República Dominicana: índice de capacidad adaptativa



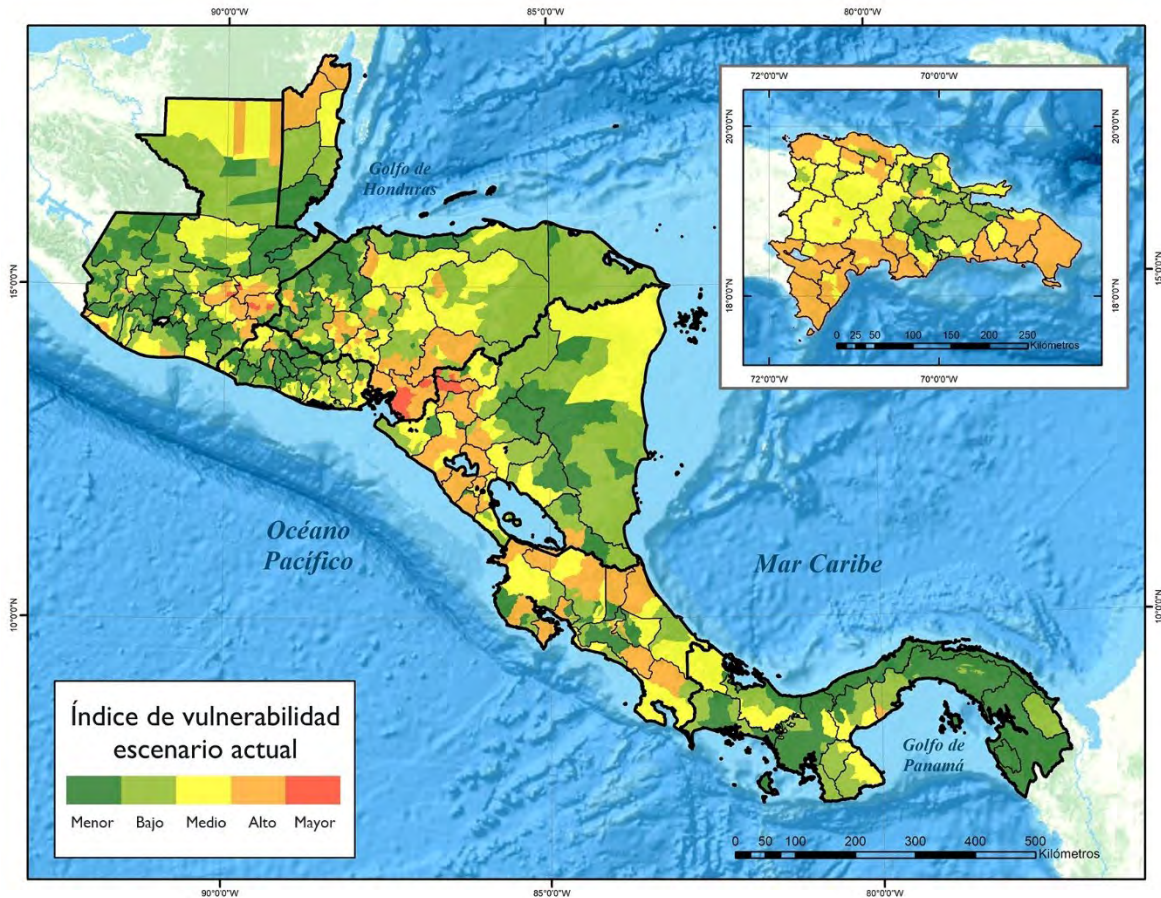
Fuente: Elaboración propia.

3. Índice de vulnerabilidad actual

Una vez que se obtuvieron los índices para cada dimensión de la vulnerabilidad se calcula el índice de vulnerabilidad, sumando los índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (véase fórmula de cálculo en el apartado 3 del presente capítulo). La vulnerabilidad fue clasificada en cinco niveles (mayor, alto, medio, bajo y menor) (véase el mapa 12).

Mayor vulnerabilidad. Los municipios categorizados con vulnerabilidad mayor (en rojo), tienen valores promedios del índice de exposición cerca de 2,7 (el índice va de 1 bajo a 5 mayor), este valor de muy alta exposición se debe principalmente a los altos riesgos de ocurrencia de sequía. El valor de sensibilidad para este mismo grupo de municipios es de 3,3, es decir, casi el valor promedio del índice de sensibilidad cuyo valor máximo es de 5. Estos municipios son muy sensibles a los aumentos de temperatura y disminución de las precipitaciones, afectando principalmente el potencial para el desarrollo de cultivos como el frijol y el café. La capacidad adaptativa promedio en estos municipios es de 3,7, lo que se considera como un valor medio a alto. Los valores del índice de pobreza son variables, la accesibilidad es de alta a muy alta y la brecha de suministro de agua es variable (de baja a media).

Mapa 12
Centroamérica y República Dominicana: índice de vulnerabilidad de la agricultura en el escenario actual



Fuente: Elaboración propia.

Alta vulnerabilidad. En estos municipios se observan valores medios de exposición, sobre todo influenciados por el riesgo de sequía y en alguna medida a las inundaciones, muy poca exposición a ciclones y tormentas (excepto en la República Dominicana, donde coincide con un alto riesgo de huracanes). La sensibilidad también es alta en estos municipios, existe en la mayoría de ellos un alto riesgo a la sequía y en algunos municipios también se presentan inundaciones frecuentes.

Vulnerabilidad media. Los municipios con vulnerabilidad media están distribuidos en toda la región. Los valores medios ocurren por varias combinaciones de los tres índices que con los que se construye el índice de vulnerabilidad. Se encuentran valores medios en zonas donde la exposición es alta pero la capacidad adaptativa también es alta, o en zonas donde la exposición es baja pero también la capacidad adaptativa es baja. Los valores de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa son variados. Esta condición de variabilidad agrupa a estos municipios como vulnerabilidad media. En la región del Caribe encontramos municipios con vulnerabilidad media, estos tienen valores de pobreza variable (niveles altos y bajos), baja accesibilidad a caminos y bajo cobertura de agua. Sin embargo, estos municipios tienen baja exposición a sequías y baja sensibilidad en la idoneidad a los cambios de precipitación y temperatura.

Baja vulnerabilidad. Las zonas de baja vulnerabilidad se encuentran bajo condiciones climáticas favorables y con valores medios a bajos de exposición ante fenómenos climáticos adversos. El promedio del índice de sensibilidad en los municipios con baja vulnerabilidad es de 2.2, esto significa que la idoneidad del clima para el desarrollo de la agricultura es de media a alta. Como se mencionó anteriormente, esta zona presenta valores de medios a bajos del índice de exposición y el valor promedio para esta zona, en una escala del 1 al 5, es de 1.4. Como todas las demás zonas, el índice de capacidad adaptativa es variable y, para esta zona, el promedio en una escala del 1 al 5, es de 4.1.

Menor vulnerabilidad. Hay que recordar que el sector evaluado para la vulnerabilidad es agricultura y seguridad alimentaria. Los municipios con menor vulnerabilidad tienen muy poca exposición a la sequía (que es el factor más determinante para la producción de la agricultura de secano), inundaciones y ciclones y tormentas. Generalmente se presentan valores de sensibilidad media a baja y los valores de capacidad adaptativa son muy variables. El promedio de los valores de exposición en los municipios de baja vulnerabilidad es de 1,2 (muy cercano a 1 que es el menor valor, o sea que presentan la menor exposición). El promedio de los valores del índice de sensibilidad es de 1,9 y el de capacidad adaptativa es de 4,2. Son municipios en la que la actividad agropecuaria no se verá afectada fuertemente ante el cambio climático, además poseen un alto porcentaje de cobertura forestal. La capacidad de adaptación es baja, sin embargo, esto no repercute mucho en la vulnerabilidad debido a que la sensibilidad y la exposición son muy bajas.

a) **Belice**

Altos valores del índice de vulnerabilidad de la agricultura ante la variación y el cambio climático se encuentran en los departamentos del norte del país (Corozal y Orange Walk). En esta zona se presentan valores altos de exposición a la sequía y valores moderados de exposición a huracanes en el Corozal. El índice de sensibilidad es de medio a bajo, al igual que la capacidad adaptativa.

El departamento de Belice presenta valores medios del índice de vulnerabilidad, esto se debe a que los valores de sensibilidad son bajos, es poco afectado por la sequía y presenta valores bajos de capacidad adaptativa. Los departamentos del centro y sur (Cayo, Stann Creek y Toledo) presentan los valores bajos y menores de vulnerabilidad. La exposición a la sequía es baja y en cuanto a los huracanes solamente Stann Creek presenta valores altos de exposición. La sensibilidad es baja y la capacidad adaptativa es variable (alta en Toledo, media en Cayo y baja en Stann Creek).

b) **Costa Rica**

Costa Rica presenta valores altos del índice de vulnerabilidad en las provincias de Heredia, norte de Limón, Alajuela, norte de Guanacaste, norte de Puntarenas y sureste de San José. Alta exposición a la sequía en Guanacaste, Puntarenas, norte de Alajuela y sureste de San José. Hacia el Caribe se presentan valores medios y altos del índice de vulnerabilidad (Heredia, Limón, Cartago y Puntarenas). La capacidad adaptativa es alta en Cartago, Limón, Heredia y Alajuela y la sensibilidad de la agricultura a la idoneidad climática actual es baja. Los menores valores del índice de vulnerabilidad se encuentran al centro del país en San José,

Cartago, sur de Alajuela y Heredia. En esta zona hay baja sensibilidad de la agricultura a las condiciones climáticas actuales y moderada capacidad adaptativa.

c) El Salvador

El Salvador presenta valores predominantes del índice de vulnerabilidad que van de medios a bajos. Sin embargo, el índice de exposición es alto, sobre todo en la zona sureste del país (departamentos de La Paz, Usulután, San Miguel, La Unión, Morazán y San Vicente). En estos departamentos se encuentran los mayores riesgos de ocurrencias de sequía, a pesar de que las precipitaciones son mayores a los 1.500 mm anuales. Por su posición geográfica esta poco expuesto al contacto directo con huracanes, sin embargo, puede ser afectado por las altas precipitación que originan estos, al pasar por las costas del Caribe centroamericano.

En la región centro norte del país (departamentos de Sonsonate, La Libertad, San Salvador Cuscatlán, Cabañas Chalatenango y Ahuachapán) presenta valores bajos de vulnerabilidad. En esta zona predominan valores bajos y medios del índice de exposición, con menores riesgos de sequía. Aunque la sensibilidad de la agricultura presenta valores medios del índice. La región norte del país, departamentos de Santa Ana y Chalatenango, presentan valores medios de vulnerabilidad. Con exposición alta y media a sequías, altos índices de sensibilidad y baja capacidad adaptativa.

d) Guatemala

Los valores mayores y de alta vulnerabilidad se encuentran al centro del país (El Progreso, Zacapa, Chiquimula, Jalapa) Es una zona con alto riesgo a la sequía y alta sensibilidad de la agricultura de secano. Los valores del índice de capacidad adaptativa son variables (de baja a moderada). Los valores medios de vulnerabilidad se encuentran en los municipios aledaños a la zona central más vulnerable y también hacia el norte del departamento de Peten y en la zona costera del Pacífico. Esta zona presenta valores de altos de exposición a la sequía y en el caso de El Peten, presenta valores altos de exposición a huracanes. La capacidad adaptativa es baja e intermedia.

El resto del país presenta los valores menores y bajos del índice de vulnerabilidad coincidiendo con valores bajos de exposición a la sequía. En cuanto a la sensibilidad esta zona presenta valores variables del índice, pero predominan los valores medios y altos. La capacidad adaptativa del centro al norte del país es de media a alta y en la parte sur es baja.

e) Honduras

Los índices con mayor vulnerabilidad de la agricultura en Honduras se encuentran en el corredor seco, principalmente en los departamentos de Choluteca, El Paraíso, Valle y al sur de Francisco Morazán. Es una zona con alta exposición a la sequía y alta sensibilidad de la agricultura de secano. La capacidad adaptativa en esta zona seca es media a baja. Los valores medios del índice de vulnerabilidad se extienden al centro del país, principalmente en los departamentos de: norte de Francisco Morazán, oeste de Olancho, Yoro, Comayagua, La Paz e Intibucá. La exposición a la sequía es predominantemente de media a alta, con alta sensibilidad de la agricultura de secano y valores de medios a bajos de capacidad adaptativa.

Los menores valores del índice de vulnerabilidad se encuentran hacia el sureste del país (departamentos de Gracias a Dios, este de Olancho y Colon) y hacia el noroeste (departamentos de Atlántida, Cortez, Santa Bárbara, Ocotepeque, Copan y Lempira). Aquí la exposición a la sequía es baja y la sensibilidad de la agricultura es baja, aunque la capacidad adaptativa es de media a baja.

f) Nicaragua

La zona más vulnerable ante la variabilidad y cambio climático de la agricultura en Nicaragua se encuentra situada en el corredor seco, que se extiende desde la zona del pacífico sur hasta la zona norte centro del país (Carazo, Granada, Masaya, Managua, León, oeste de Matagalpa, Estelí, Madriz y Nueva Segovia). Es una zona con alta exposición a la sequía y también con valores altos de sensibilidad de la agricultura de secano. La capacidad adaptativa también es alta en esta zona con mucha pobreza rural y moderados servicios básicos a la población.

La zona con vulnerabilidad media se encuentra en el occidente del país (departamento de Chinandega), el departamento de Rivas, municipios del centro del país en la zona de transición climática de la zona seca a semi húmeda y en la Región Autónoma de la Costa Caribe Norte. Aquí la exposición a fenómenos de sequía, huracanes e inundaciones es baja, baja sensibilidad de la agricultura por su idoneidad climática y moderada capacidad adaptativa.

La zona menos vulnerable se encuentra en la zona del Caribe y parte este de los departamentos del centro (Matagalpa, Boaco, Chontales, Jinotega y Rio San Juan), aquí encontramos bajos valores de exposición a fenómenos climáticos adversos (exceptuando la Región Autónoma del Caribe Norte, que es altamente susceptible a la ocurrencia de huracanes) y valores altos de capacidad adaptativa.

g) Panamá

La zona con valores menores del índice de vulnerabilidad en Panamá se encuentra en el denominado Arco Seco, este se encuentra al este de Los Santos, Veraguas y Herrera y al sur de Coclé. Es una zona muy propensa a la sequía y con altos valores de sensibilidad de la agricultura a las condiciones climáticas actuales. Esta zona presenta también bajos valores de capacidad adaptativa. Los valores bajos del índice de vulnerabilidad se encuentran al sureste del país y también hacia el oeste en los departamentos de Veraguas, Ngäbe Buglé y Chiriquí.

h) República Dominicana

Los mayores índices de vulnerabilidad se encuentran en las provincias de Pedrerales, Monte Cristi y San Pedro de Macorís. Estas provincias presentan altos valores de exposición, sobre todo a la sequía. También presentan los mayores índices de sensibilidad y valores bajos de capacidad adaptativa, exceptuando la provincia de Pedrerales.

Los índices altos y medios de vulnerabilidad se encuentran de la parte central hacia el extremo oeste y de la parte central hacia el extremo este del país. Estas zonas presentan valores altos y medios del índice de exposición debido a la sequía y la frecuencia de huracanes hacia el este (provincias de: El Seibo, Hato Mayor, La Altagracia, La Romana y Samaná). El índice de

sensibilidad muestra los mayores valores en toda esta zona del alta y media vulnerabilidad y la capacidad adaptativa es baja.

Los valores de baja y menor vulnerabilidad se encuentran en la parte central del país, en las provincias de Santo Domingo, Monte Plata, Sánchez Ramírez, Monseñor Nouel, Duarte, Trinidad Sánchez y Hermanas Mirabal. Esta zona posee valores medios a altos de exposición, pero tiene valores bajos de sensibilidad y valores altos de capacidad adaptativa.

III. Vulnerabilidad agrícola con cambio climático en la región SICA

El cambio climático está magnificando las vulnerabilidades y se espera que incida cada vez más sobre la producción agrícola. Los trastornos potenciales del ciclo hidrológico afectarían la evapotranspiración y precipitación, modificando la frecuencia y duración de las sequías, con efectos directos en la demanda de riesgo. Otros efectos directos podrían ser el cambio en la distribución de plagas y enfermedades y la aparición de especies invasoras a causa de las sequías prolongadas e incrementos constantes de temperatura. Algunos efectos indirectos son la presión sobre los ecosistemas que contribuye a la producción agropecuaria con la regulación de climas locales, la polinización y el control de plagas (CEPAL/CAC-SICA, 2013).

En este capítulo se presenta los resultados del índice de sensibilidad y vulnerabilidad en dos períodos futuros bajo dos escenarios de cambio climático. Este análisis nos brinda información para identificar las áreas donde podría aumentar más la vulnerabilidad agrícola y poder realizar acciones urgentes y adecuadas de adaptación en el sector.

A. Escenarios de cambio climático

En los capítulos anteriores se presentó el índice de vulnerabilidad bajo las condiciones climáticas actuales. Sin embargo, uno de los objetivos del presente estudio es observar las posibles variaciones de la vulnerabilidad de la agricultura ante diferentes escenarios climáticos y anticipar las consecuencias del aumento de temperatura y los cambios en precipitación. Para este fin, se trabajó con los escenarios de cambio climático SSP2-4.5 (moderado) y SSP5-8.5 (pesimista) para 2030 (2021-2040) y 2050 (2041-2060) del proyecto de intercomparación de modelos acoplados fase 6 (CMIP6). Estos escenarios acompañan el sexto reporte del IPCC (AR6). Estos escenarios pertenecen al conjunto de nuevas proyecciones climáticas basadas en las trayectorias socioeconómicas¹⁴ compartidas (SSP) y en las trayectorias de concentración representativa (RCP).

Los SSP describen tendencias alternativas plausibles en la evolución de la sociedad y los sistemas naturales durante el siglo XXI y son trayectorias de referencia que asumen que no hay cambio o impactos climáticos ni nuevas políticas climáticas (Kriegler y otros, 2012). La intención al no incorporar tales efectos es que los investigadores puedan utilizar los SSP para evaluar cómo

¹⁴ El término “socioeconómico” pretende ser una forma abreviada de una amplia gama de aspectos de la sociedad o, más ampliamente, de los sistemas socio ecológicos. Estos incluyen aspectos demográficos, políticos, sociales, culturales, institucionales, de estilo de vida, económicos y tecnológicos, y las condiciones de los ecosistemas y servicios de los ecosistemas que se han visto afectados por la actividad humana, como la calidad del aire y del agua, la biodiversidad y la forma del ecosistema y función (CEPAL/CAC-SICA, 2020).

el cambio climático y diferentes tipos de políticas pueden afectar estas condiciones socioeconómicas y ambientales de referencia (O'Neill y otros, 2014). Se definieron cinco escenarios SSP.

Los RCP son escenarios de forzamiento radiativo¹⁵ y abarcan series temporales de emisiones y concentraciones de la gama completa de GEI, aerosoles y gases químicamente activos, así como el uso del suelo y la cubierta terrestre hasta 2100, e identifican su forzamiento radiativo total para 2100, que oscila entre 2,6 y 8,5 W/m² (vatios por metro cuadrado) (IPCC, 2014a). Para el CMIP6 se tienen siete trayectorias RCP: 2,6 W/m², 4,5 W/m², 6,0 W/m² y 8,5 W/m², a los que se agregan 7,0 W/m², 3,4 W/m² y una trayectoria por debajo de 2,6 W/m² en 2100, para explícitamente informar sobre el objetivo de 1,5 °C en el Acuerdo de París (O'Neill y otros, 2016).

Para cada trayectoria RCP se seleccionó un SSP para basar las emisiones y un escenario de uso de tierra que lleven al nivel de forzamiento deseado en 2100. Los criterios para tomar estas decisiones giraron en torno al potencial de diferentes SSP para conducir a diferentes resultados climáticos, incluso si alcanzaron el mismo nivel de forzamiento promedio global en 2100 (CEPAL/CAC-SICA, 2020). Los supuestos socioeconómicos de los escenarios usados en este documento se presentan en el cuadro 11.

Para las condiciones climáticas actuales se trabajó con capa ráster a nivel mensual (de la fuente del Climatic Research Unit (CRU) versión TS3.10) generado a partir de observaciones mensuales de estaciones meteorológicas alrededor del mundo. Se utilizó un promedio para el período de 1989 al 2018. Cubre todas las masas terrestres del planeta. Las comparaciones regionales con otros conjuntos de datos publicados muestran que las temperaturas CRU TS3.10 concuerdan estrechamente con la fuente de datos climáticos de la University of Delaware (UDEL). También se demostró una estrecha concordancia con el conjunto de datos GPCC en muchas regiones subcontinentales excepto durante los primeros 50 años (1901–1950) cuando la concordancia es más pobre en aquellas regiones con menor densidad de estaciones de precipitación en CRU TS3.10 que en GPCC (Harris y otros, 2014). La resolución espacial de los ráster utilizados es de alrededor de 55,5 km x 55 km para los datos de precipitación y temperatura de la base del CRU y con reducción de escala de 1 km² al igual que los escenarios de cambio climático en los períodos futuros.

Se recomienda utilizar un ensamble de modelos para reducir la incertidumbre y sesgos en los resultados de los escenarios climáticos. Los modelos climáticos utilizados en el ensamble en ambos escenarios son: MIROC6 (Shiogama, Abe y Tatebe, 2023), EC-Earth3-Veg (Döscher y otros, 2022), ACCESS-CM2 (Dix y otros, 2019), MPI-ESM1-2-L3 (Brune y otros, 2022) y CNRM-CM6-1 (Voldoire y otros, 2022).

¹⁵ El forzamiento radiativo es el cambio en el flujo de energía causado por un elemento impulsor y se calcula en la tropopausa o en la parte superior de la atmósfera.

Cuadro II
Supuestos de los escenarios SSP2-4.5 y SSP5-8.5

Escenario SSP-RCP	Supuestos
SSP2-4.5	<p>Este escenario representa la parte media del rango de trayectorias de forzamiento futuras y actualiza la trayectoria RCP4.5. Se eligió SSP2 porque su cambio de uso del suelo y las trayectorias de aerosol no son extremas en relación con otros SSP, y también porque es un escenario que combina la vulnerabilidad intermedia de la sociedad con un nivel de forzamiento intermedio.</p> <p>El mundo sigue un camino en el que las tendencias sociales, económicas y tecnológicas no se apartan mucho de los patrones históricos. El desarrollo y el crecimiento de los ingresos avanzan de manera desigual, con algunos países logrando un progreso relativamente bueno, mientras que otros no están a la altura de las expectativas. Las instituciones mundiales y nacionales trabajan para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible, pero avanzan lentamente. Los sistemas ambientales experimentan degradación, aunque hay algunas mejoras y, en general, la intensidad del uso de recursos y energía disminuye. El crecimiento de la población mundial es moderado y se estabiliza en la segunda mitad del siglo. La desigualdad de ingresos persiste o mejora lentamente y persisten los desafíos para reducir la vulnerabilidad a los cambios sociales y ambientales. Se denota aquí un escenario con medianas emisiones de gases de efecto invernadero.</p>
SSP5-8.5	<p>Este escenario representa el extremo superior del rango de trayectorias de forzamiento futuras, es la actualización de la trayectoria RCP8.5 y se eligió SSP5 porque es el único escenario de SSP que implicaría emisiones lo suficientemente altas como para producir un forzamiento radiativo de 8,5 W/m² en 2100.</p> <p>Este mundo confía cada vez más en los mercados competitivos, la innovación y las sociedades participativas para producir un rápido progreso tecnológico y el desarrollo del capital humano como el camino hacia el desarrollo sostenible. Los mercados globales están cada vez más integrados. También hay fuertes inversiones en salud, educación e instituciones para mejorar el capital humano y social. Al mismo tiempo, el impulso por el desarrollo económico y social se combina con la explotación de abundantes recursos de combustibles fósiles y la adopción de estilos de vida intensivos en recursos y energía en todo el mundo. Todos estos factores conducen al rápido crecimiento de la economía mundial, mientras que la población mundial alcanza su punto máximo y disminuye en el siglo XXI. Los problemas ambientales locales como la contaminación del aire se manejan con éxito. Hay fe en la capacidad de gestionar eficazmente los sistemas sociales y ecológicos, incluso mediante la geoingeniería si es necesario. Se denota en este escenario, altas emisiones de gases de efecto invernadero.</p>

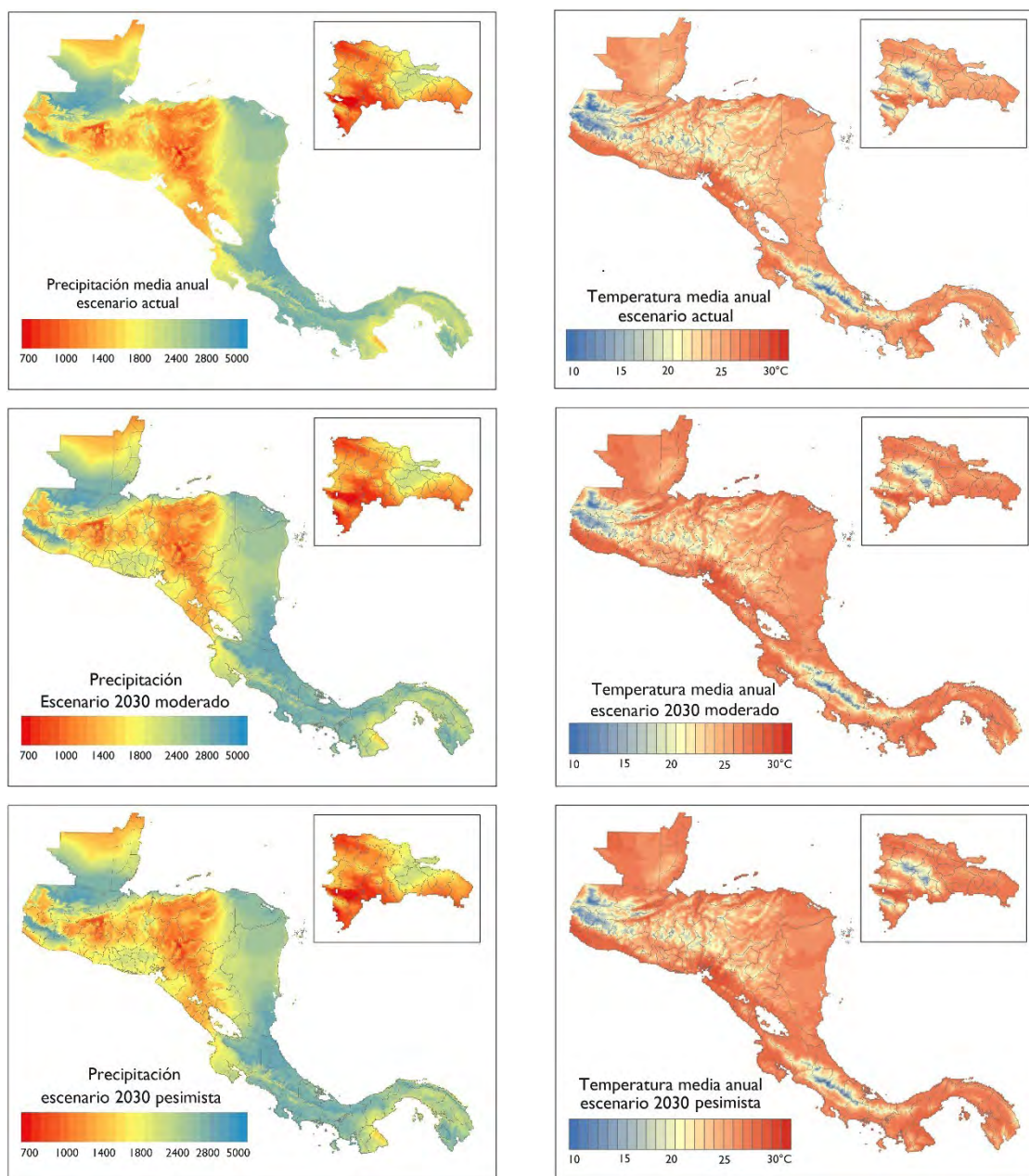
Fuente: Elaboración propia, sobre la base de B.C. O'Neill y otros, "The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6", *Geoscientific Model Development*, vol. 9, 2016 [en línea] <https://gmd.copernicus.org/articles/9/3461/2016/>; Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)/Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericana (CAC-SICA) (2020), *Análisis espacial de datos históricos y escenarios de cambio climático en México, Centroamérica, Cuba, Haití y la República Dominicana (LC/MEX/TS.2020/43)*, Ciudad de México, 2020; CarbonBrief, "Explainer: How Shared Socioeconomic Pathways explore future climate change. Climate Modelling" [en línea] <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change/>.

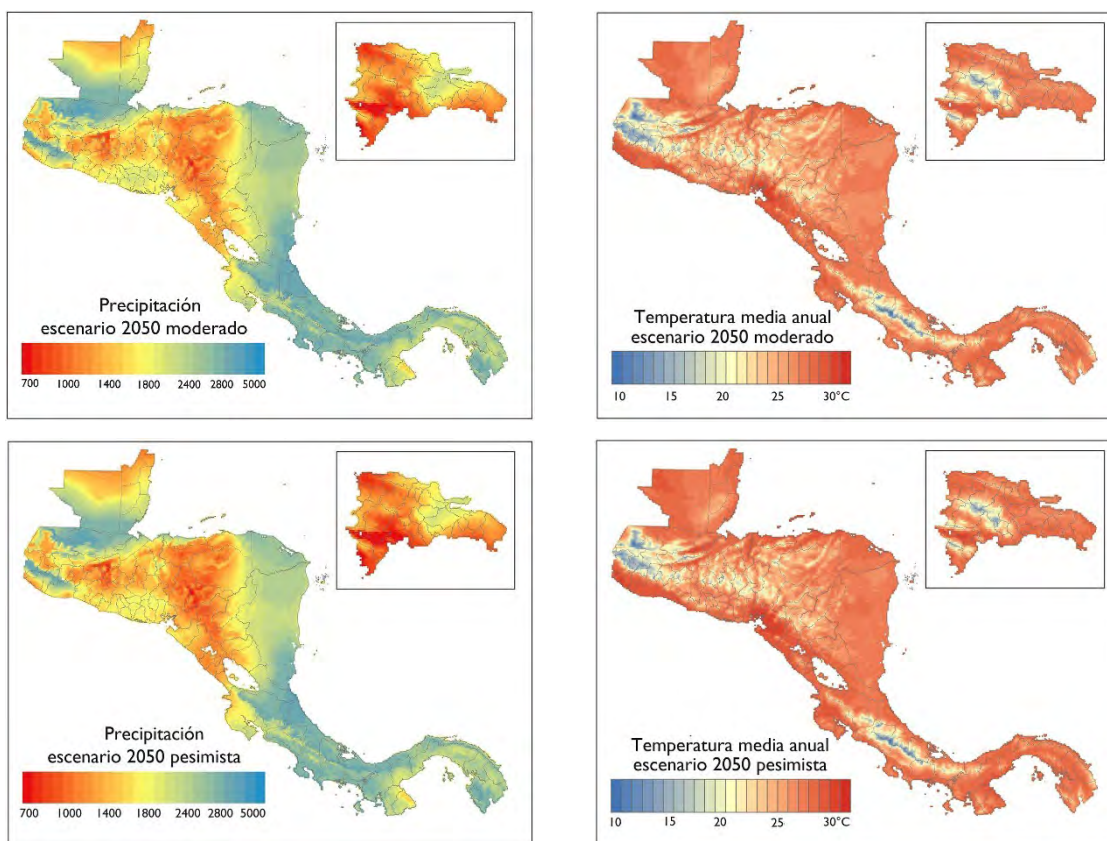
Para seleccionar modelos que mejor se ajustasen a las condiciones climáticas futuras de la región centroamericana, se utilizaron dos criterios: desempeño general del modelo y teleconexión climática con ENSO. Según Almazroui (2021) ACCESS-CM2 y EC-Earth3-Veg son algunos de los modelos de sexta generación, con mejor desempeño general en la región centroamericana. Por otro lado, de acuerdo con Hidalgo y Alfaro (2015) existe mayor grado de teleconexión climática con El Niño al usar el modelo CNRM-CM5 del CMIP5, por lo que se sugiere usar el CNRM del CMIP6.

Con el caso MPI-ESM1-2-L3 y MIROC6, la CEPAL ha observado buenos resultados al incorporar versiones anteriores de estos modelos. Debido a esto, se han integrado en el ensamble final a pesar de no ocupar los primeros puestos en las evaluaciones señaladas, sin embargo, pueden capturar la incertidumbre de los resultados futuros.

Para obtener el producto final, se promediaron todas las variables climáticas (precipitación, temperatura máxima y mínima) de los modelos a nivel mensual (entre modelos), para posteriormente calcular un promedio anual de temperatura máxima y mínima, y totalizar las lluvias en acumulados anuales. En el mapa 13 se presentan los escenarios de precipitación (izquierda) y temperatura media anual (derecha) para el clima actual, y los escenarios de 2030 moderado, 2030 pesimista, 2050 moderado y 2050 pesimista.

Mapa 13
Centroamérica y República Dominicana: precipitación y temperatura, 1989-2018 (actual),
y escenarios de cambio climático moderado y pesimista, 2030 y 2050





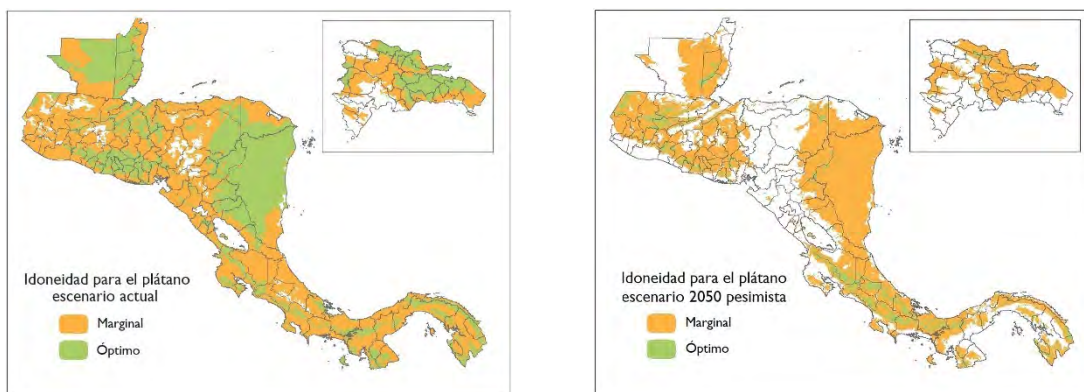
Fuente: Elaboración propia, sobre la base de I. Harris y otros, "Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset", *International Journal of Climatology*, N° 34, págs. 623-642 (2014) [en línea] <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.3711>, y S.E. Fick. y R.J. Hijmans, "WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land", *Climatología de 1970 al 2000. Precipitación, temperatura máxima y mínima* (2017) [en línea] <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.5086>.

B. Idoneidad de los cultivos bajo escenarios de cambio climático

Se estimó la idoneidad climática de los cultivos bajo los diferentes escenarios de cambio climático. En los mapas 14 a 17 se muestran los cambios en la idoneidad climática para el plátano, arroz, maíz y café respectivamente entre las condiciones con el clima actual y el escenario pesimista de cambio climático de 2050. Las áreas verdes muestran las condiciones óptimas de idoneidad para la siembra y crecimiento del cultivo analizado, de color amarillo las zonas donde la idoneidad es marginal y las áreas blancas donde no hay idoneidad para la producción del cultivo por las condiciones climáticas. Todos los cultivos muestran una fuerte reducción de las tierras con idoneidad para su producción.

Mapa 14

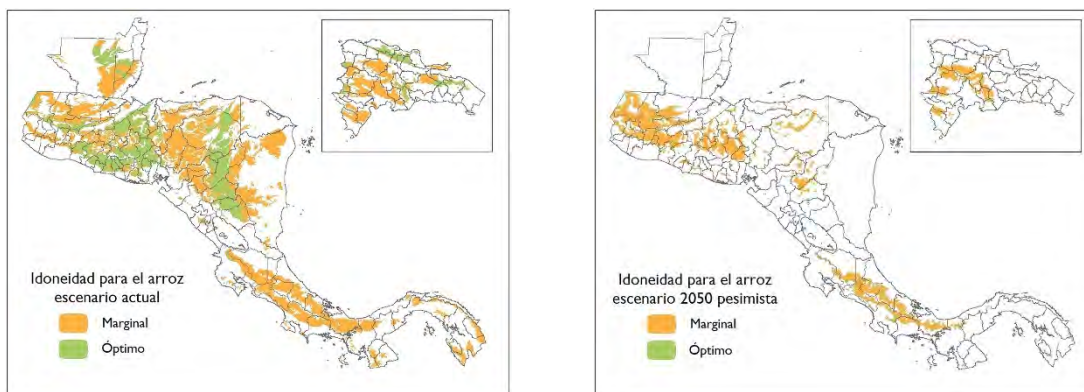
Centroamérica y República Dominicana: cambio en la idoneidad del plátano, con las condiciones de temperatura y precipitación actual y con escenario pesimista de cambio climático en 2050



Fuente: Elaboración propia.

Mapa 15

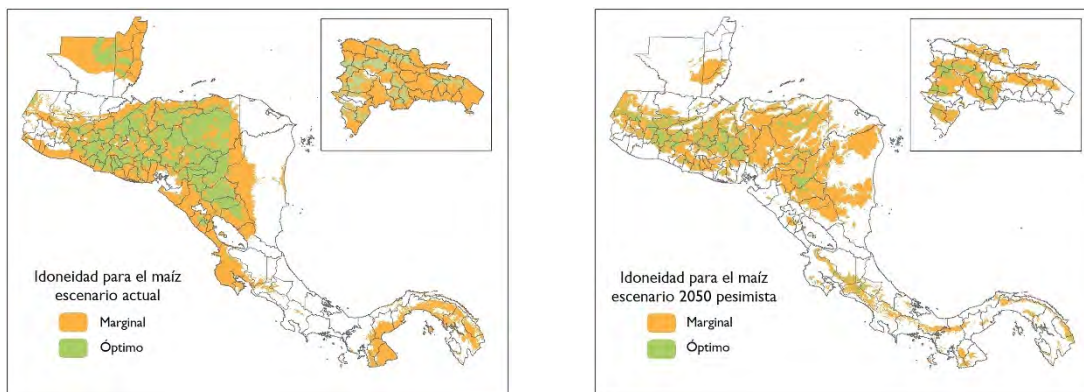
Centroamérica y República Dominicana: cambio en la idoneidad del arroz, con las condiciones de temperatura y precipitación actual y con escenario pesimista de cambio climático en 2050



Fuente: Elaboración propia

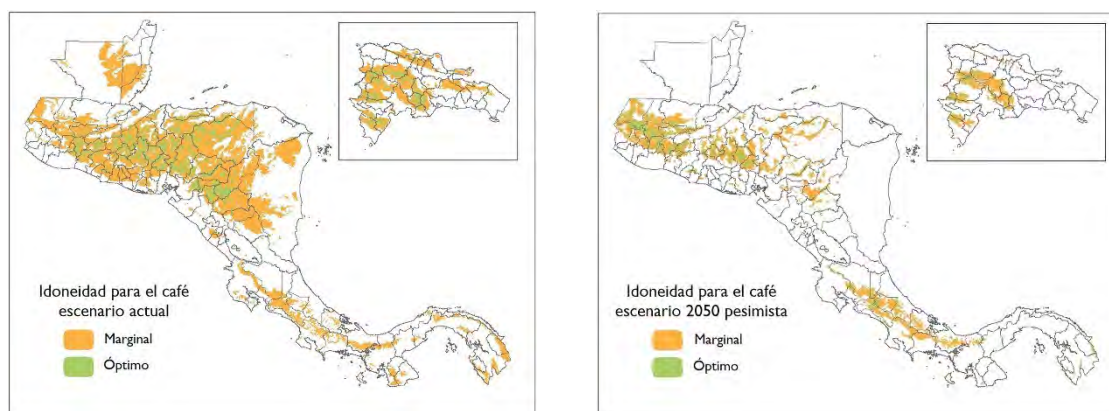
Mapa 16

Centroamérica y República Dominicana: cambio en la idoneidad del maíz, con las condiciones de temperatura y precipitación actual y con escenario pesimista de cambio climático en 2050



Fuente: Elaboración propia

Mapa 17
Centroamérica y República Dominicana: cambio en la idoneidad del café, con las condiciones de temperatura y precipitación actual y con escenario pesimista de cambio climático en 2050



Fuente: Elaboración propia

Las áreas de idoneidad presentadas en este documento se refieren únicamente a la idoneidad climática. Es decir, no se tomaron en cuenta las características de los suelos incluyendo sus pendientes. Esto afecta directamente en la definición de las áreas potenciales para el desarrollo de los diferentes rubros, que serían menores a las que son presentadas en los mapas. Sin embargo, se considera que las características de los suelos y la pendiente permanecerán relativamente constantes para 2050, seguramente habrá degradación de suelos, pero es difícil de modelar para un estudio a gran escala como el que se está presentando.

Lo que si cambiará significativamente serán las condiciones climáticas que impactan directamente en el potencial de desarrollo de los diferentes rubros agrícolas. En este sentido, la evaluación de los cambios de la idoneidad climática para la agricultura es un indicador muy pertinente para estimar los cambios en la vulnerabilidad agrícola ante el cambio climático.

Otro aspecto que es relevante es la ubicación de las áreas protegidas, las áreas actuales bajo bosque y áreas urbanas. Los resultados del presente estudio no consideran estas áreas, sin embargo, al igual que las consideraciones tomadas para el suelo y pendiente esta limitación no impide un análisis válido para el cambio de la vulnerabilidad climática en la región.

En los mapas se observan cambios bien marcados entre el escenario actual y el escenario pesimista de cambio climático para 2050. En rubros como el café prácticamente desaparece el potencial de producción en Nicaragua con las variedades más utilizadas actualmente. Los países con tierras que presentan mayor elevación serán los que puedan conservar mayores áreas potenciales para la producción de este rubro en 2050. En el caso del plátano, prácticamente desaparecen las áreas óptimas de producción, quedando solamente, o convirtiéndose en áreas marginales para la producción de este rubro con las variedades comúnmente utilizadas en la actualidad.

Las áreas idóneas desde el punto de vista climático para la producción de arroz de secano, también se ven fuertemente afectadas para 2050 en el escenario pesimista. Prácticamente desaparecen las áreas óptimas, convirtiéndose en áreas marginales para la producción de este rubro. El cultivo de maíz es afectado fuertemente en las áreas con óptima idoneidad

climática, convirtiéndose en áreas con idoneidad climática marginal (afectando su productividad), sin embargo, aún se mantienen muchas áreas para la producción de este rubro.

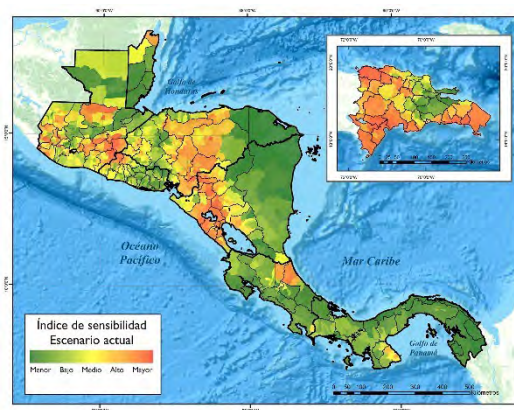
C. Índice de sensibilidad en escenarios climáticos

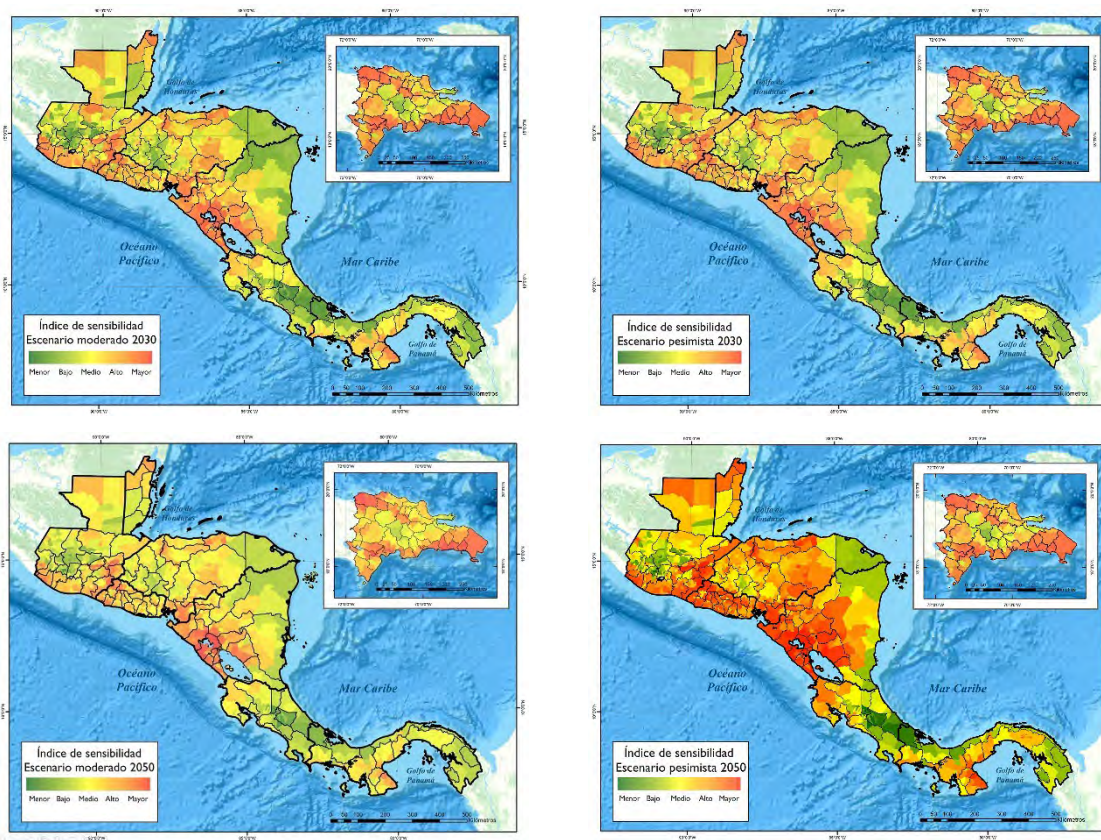
Resulta bastante difícil poder inferir los cambios de los indicadores de exposición ante escenarios de cambio climático, sobre todo al momento de querer atribuirle una expresión geográfica a los cambios en sequías, inundaciones y las trayectorias de los huracanes y tormentas. Por esta razón, ante una evaluación de la vulnerabilidad en diferentes escenarios de cambio climático el índice de exposición se mantiene constante.

Lo mismo sucede con los indicadores de capacidad adaptativa, donde es muy difícil inferir su comportamiento futuro asociado al cambio climático. En cambio, el índice de sensibilidad puede ser estimado bajo diferentes escenarios de cambio climático ya que la idoneidad depende de las condiciones climáticas imperantes y se dispone del comportamiento de las variables climáticas esperadas bajo estos diferentes escenarios climáticos. Por esta razón los resultados deben tomarse como el impacto del cambio climático sin medidas de adaptación adicionales, sin cambios en el nivel de pobreza, acceso y de recursos hídricos.

En el mapa 18 se muestran las variaciones del índice de sensibilidad en diferentes escenarios de cambio climático 2030 moderado, 2030 pesimista, 2050 moderado y 2050 pesimista. Se observan claramente los cambios en la sensibilidad al comparar el escenario actual con los escenarios futuros. Por otro lado, entre el escenario 2030 moderado y el escenario 2030 pesimista, los cambios en el índice de sensibilidad se notan muy poco, pero si se puede observar como algunos municipios cambian de categoría de baja sensibilidad a sensibilidad media y otros de sensibilidad media a sensibilidad alta. Entre los escenarios de 2050 moderado y 2050 pesimista, se pueden observar mejor los cambios ocurridos en los valores de sensibilidad, produciéndose mayor sensibilidad en el escenario pesimista.

Mapa 18
Centroamérica y República Dominicana: índice de sensibilidad actual y con escenario moderado y pesimista de cambio climático, 2030 y 2050





Fuente: Elaboración propia.

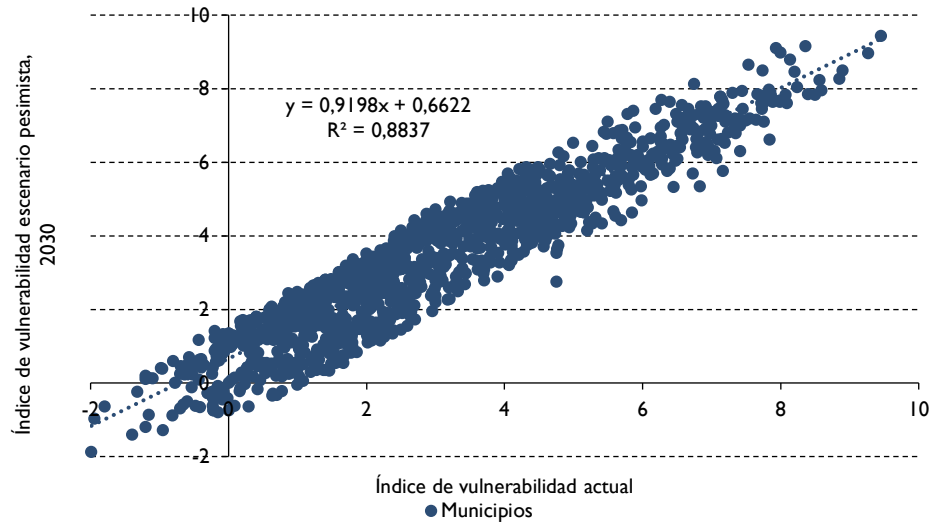
Para presentar los resultados en los mapas se han elaborado categorías agrupando diferentes rangos de sensibilidad y es posible que en algunos municipios. Aunque hubiese aumentado el índice de sensibilidad, este aumento puede mantenerse siempre dentro del rango establecido para una determinada categoría y por esta razón no se aprecia algún cambio al momento de presentar los mapas.

D. Índice de vulnerabilidad bajo escenarios climáticos

Con las variaciones estimadas en el índice de sensibilidad bajo los escenarios de cambio climático se calcula el índice de vulnerabilidad para cada escenario y período. En los gráficos 4, 5 y 6 se presenta la correlación entre la vulnerabilidad actual y las vulnerabilidades de 2030 y 2050 pesimista y correlación de la vulnerabilidad 2030 pesimista y la vulnerabilidad 2050 pesimista.

Entre el índice de vulnerabilidad actual y el índice de vulnerabilidad 2030 pesimista, se observa una buena correlación de los datos con un coeficiente de determinación de 0,88. El intercepto de la recta nos indica que si la vulnerabilidad actual fuera 0, la vulnerabilidad para 2030 sería de 0,66 (menor vulnerabilidad), esto es el efecto del cambio climático en el escenario pesimista. También la regresión indica que por cada unidad de la vulnerabilidad actual aumentaría 0,92 unidades la vulnerabilidad de 2030 en el escenario pesimista (véase el gráfico 4).

Gráfico 4
Relación del índice de vulnerabilidad actual agrícola y el índice de vulnerabilidad agrícola con el escenario pesimista, 2030

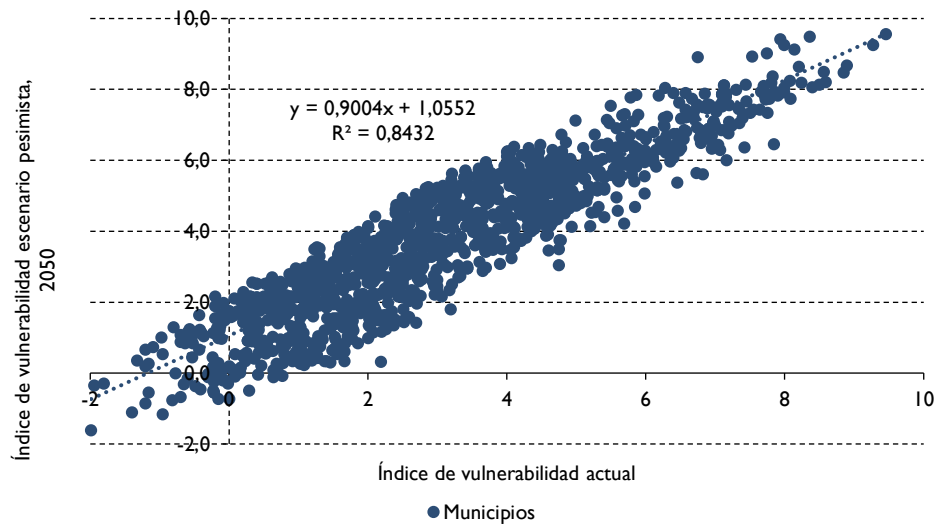


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cada punto es el resultado de los índices para cada municipio.

La correlación entre la vulnerabilidad actual y la vulnerabilidad 2050 pesimista es de 0,84. Los municipios que tienen un índice de vulnerabilidad agrícola actual de cero tendrían un índice de 1,06 en 2050 en el escenario pesimista (mayor a 2030 en 0,4 unidades). También se observa que por cada unidad de la vulnerabilidad actual aumentaría en 0,90 unidades el índice de vulnerabilidad en el escenario pesimista en cada municipio en 2050 (véase el gráfico 5).

Gráfico 5
Relación del índice de vulnerabilidad actual agrícola y el índice de vulnerabilidad agrícola con el escenario pesimista, 2050

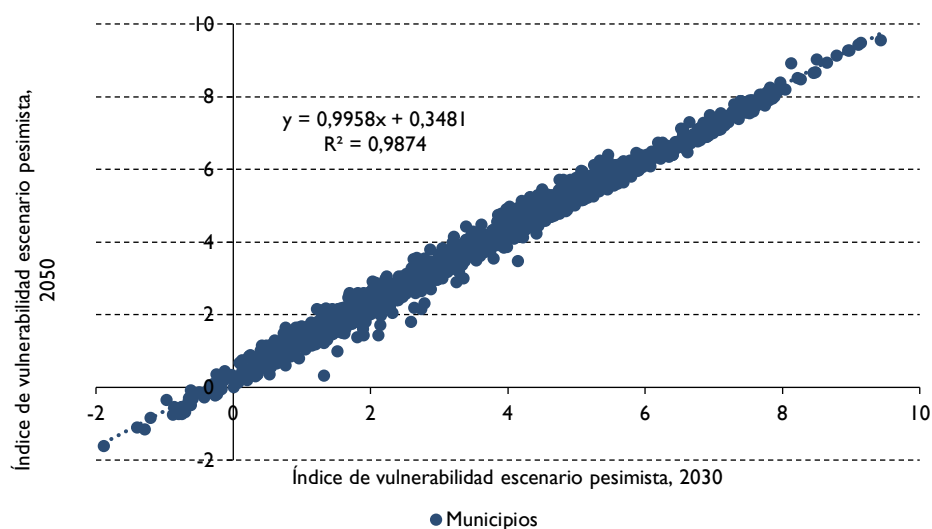


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Cada punto es el resultado de los índices para cada municipio.

Finalmente, la correlación entre el escenario 2030 pesimista y 2050 pesimista es muy fuerte, obteniendo un coeficiente de determinación de 0,99. La pendiente de la recta estimada es cercana a 1, es decir, que el aumento del índice de vulnerabilidad agrícola estimado en 2030 en un municipio sería muy cercano al índice de 2050 del escenario pesimista en cualquier nivel, pero con una constante de 0,35 indicando mayor vulnerabilidad en 2050 (véase el gráfico 6).

Gráfico 6
Relación del índice de vulnerabilidad agrícola con el escenario pesimista, 2030 y 2050



Fuente: Elaboración propia.

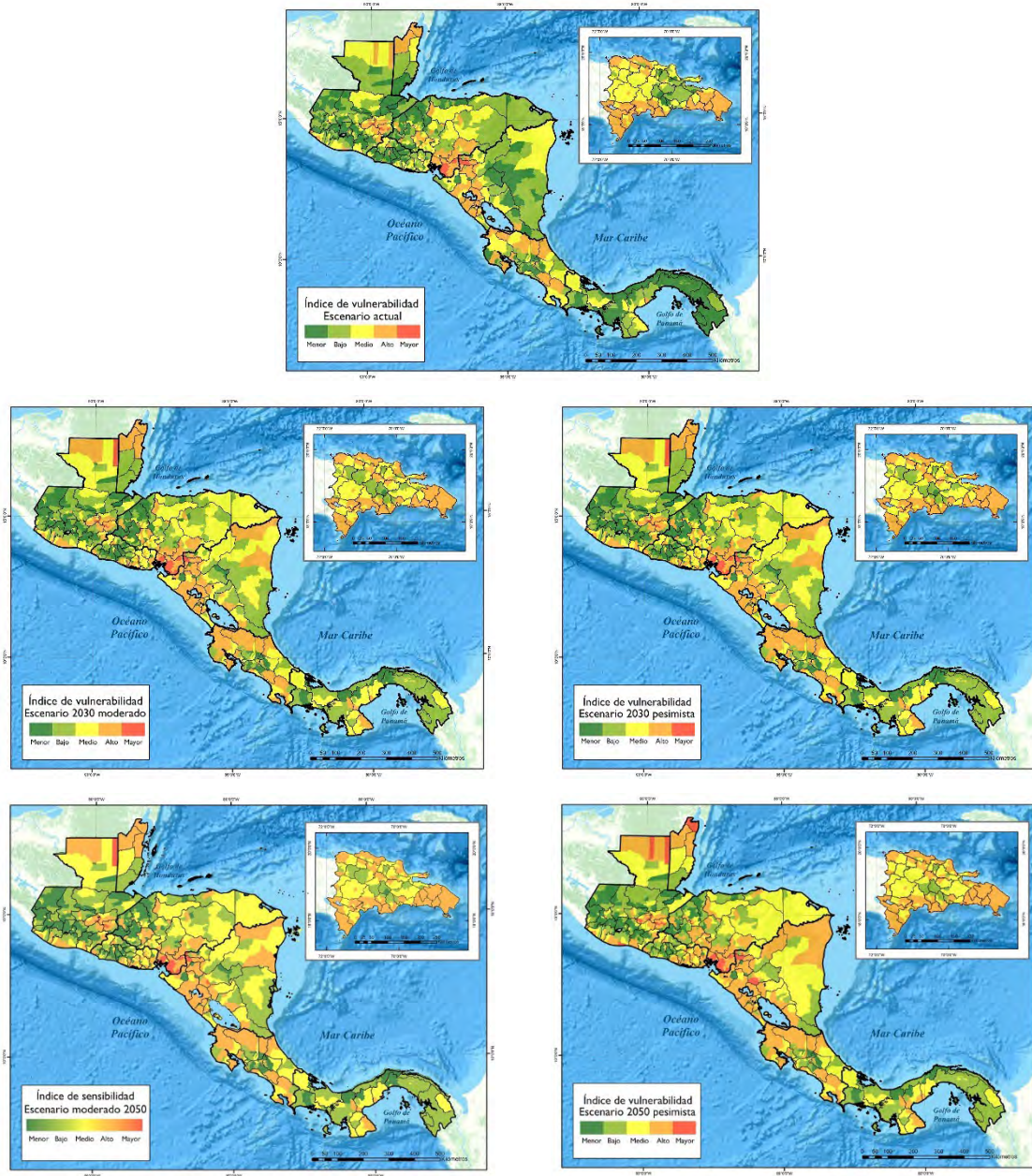
Nota: Cada punto es el resultado de los índices para cada municipio.

En los tres gráficos se muestra que aquellos municipios que tienen menor vulnerabilidad agrícola inicial son los que aumentarían en mayor medida su vulnerabilidad en los siguientes períodos. En conclusión, se puede afirmar que el índice de vulnerabilidad sería mayor a medida que aumenta la temperatura y cambia la precipitación bajo los escenarios pesimistas y también a medida que es mayor el corte temporal.

En el mapa 19 se pueden observar espacialmente los cambios en el índice de vulnerabilidad a medida que se pasa de escenario moderado a pesimista y también a medida que se aumenta el corte temporal. Se observa una reducción de los municipios con menor y baja vulnerabilidad (colores verdes) y aumentarían los municipios con vulnerabilidad media y alta (amarillo y naranja).

En menor medida aumentarían los municipios con la vulnerabilidad mayor. Es posible que estos resultados estén subestimados y podrían mejorar a medida que se agreguen indicadores de capacidad adaptativa y se pueda estimar el efecto del cambio climático en las sequías y las tormentas que se espera sean más frecuentes e intensos y que podría afectar la actividad agrícola.

Mapa 19
Centroamérica y República Dominicana: índice de vulnerabilidad actual de la agricultura y con escenario moderado y pesimista de cambio climático, 2030 y 2050



Fuente: Elaboración propia.

IV. Conclusiones y recomendaciones

En las condiciones climáticas actuales el índice de vulnerabilidad agrícola muestra que gran parte de los municipios de la región tienen un nivel de vulnerabilidad baja y menor, principalmente en los territorios como el altiplano occidental guatemalteco, el sur del Petén y Belice, el occidente de El Salvador, el Caribe de Guatemala, Honduras y Nicaragua, los municipios del centro de Costa Rica, gran parte del territorio de Panamá y el centro oriente de la República Dominicana.

Se identifican zonas con vulnerabilidad alta y mayor en los municipios del oriente de Guatemala y en el norte de Guatemala y Belice, así como en la región del Pacífico en El Salvador, Honduras y Nicaragua, y en Guanacaste y en la zona norte de Costa Rica, y en diversas zonas costeras de la República Dominicana. Todos los países tienen municipios con vulnerabilidad alta (Panamá solo un municipio), y Guatemala Honduras y Nicaragua tienen municipios con mayor vulnerabilidad (véase el anexo 3).

El cambio climático está magnificando la vulnerabilidad de los cultivos en su idoneidad que afectan sus rendimientos, producción y áreas aptas de siembra. Esto se visualiza en los resultados del índice de vulnerabilidad agrícola con cambio climático donde para 2030, tanto en el escenario moderado como pesimista, hay una reducción de las áreas de vulnerabilidad baja y menor que se observarían en mayor medida en el Caribe de Centroamérica y en la República Dominicana. En 2050 se tendrían un aumento significativo en las zonas de alta y media vulnerabilidad agrícola en gran parte de los municipios de los países SICA, a los que se suma la aparición de más municipios con mayor vulnerabilidad cercanos a las zonas con esta condición en las condiciones actuales.

Estos resultados no toman en cuenta medidas de adaptación y tampoco se hace una inferencia de cambios en las frecuencias de las sequías e inundaciones y en las trayectorias de las tormentas y huracanes que podrían sufrir cambios con cambio climático. También es importante en seguir trabajando en identificar indicadores de capacidad adaptativa que sean medibles y comparables para la región SICA.

A. Propuesta de algunos lineamientos estratégicos

Como resultado del estudio de la vulnerabilidad de la agricultura en la región surgen algunas ideas de líneas estratégicas que pueden ser impulsadas a nivel regional para reducir la vulnerabilidad de la agricultura:

- **Fomentar el ordenamiento territorial de la agricultura.** Ante la variabilidad y cambio climático es imperante que la actividad agrícola está situada en las zonas más idóneas para el desarrollo de cada rubro. Esto además de reducir los riesgos y vulnerabilidades para hacer frente a los eventos climáticos extremos, también

está dirigido al uso adecuado del suelo para que la actividad no favorezca la degradación y pérdidas de suelo y bosques.

- **Usar prácticas ASAC.** Los resultados de implementar las mesas técnicas agropecuarias (MTA) en El Salvador, Nicaragua y Honduras indican que las prácticas de agricultura sostenible adaptada al clima han dado buenos resultados en la zona seca. Prácticas como manejo de rastrojos, selección de variedades adecuadas y uso de fechas óptimas de siembra han permitido obtener cosechas en condiciones climáticas poco favorables. Sería de gran utilidad fomentar las MTA en la región en zonas que se perfilan para tener las condiciones del corredor seco, además de impulsar las prácticas ASAC.
- **Impulsar seguros de cosecha.** Implementar seguros de cosecha para producir cultivos anuales de secano (arroz, frijol, sorgo, maíz, entre otros), es una buena medida en la región. Los seguros de cosecha podrían estar vinculados con el crédito a los pequeños y medianos productores, quienes podrían obtener un pago parcial de su inversión a través de pólizas de seguro que se activen a través de índices de precipitación previamente estudiados por las compañías aseguradoras.
- **Gestionar el agua para la agricultura.** En la zona seca se puede impulsar el establecimiento de microrreservorios para irrigar de una a dos hectáreas en fincas de pequeños agricultores y obras de mayor dimensión en aquellas zonas que presenten las condiciones para el almacenamiento de agua y con la oferta hídrica suficiente para abastecer estas obras.
- **Gestionar el conocimiento.** Mantener informados a los hombres y mujeres dedicados a la agricultura acerca de los pronósticos climáticos a mediano y corto plazo de sus territorios. Promover alianzas entre universidades, centros de investigación, centros de extensión y productores, para poder acceder a la información más reciente de tecnologías innovadoras que puedan disminuir los riesgos de la producción agropecuaria.
- **Aumentar la capacidad adaptativa de la población.** Reducir los niveles de pobreza generando empleos alternativos para aumentar los ingresos rurales. Aplicar medidas de políticas y proyectos en zonas rurales. Aumentar los niveles educativos de la población. Mejorar los servicios básicos públicos.
- **Generar indicadores de género.** Incluir indicadores socioeconómicos en el componente de capacidad adaptativa para identificar los municipios que aumentan su vulnerabilidad agrícola en aquellos donde las mujeres son las jefas de familia y son las encargadas de la producción sin importar el tamaño de la finca.
- **Promover empleos alternativos en las zonas críticas.** De este modo se busca no comprometer la seguridad alimentaria en las zonas donde la producción agrícola puede ser más inestable por su mayor vulnerabilidad. Los pequeños productores podrían ver sus existencias agotadas de forma más constante por lo que requerirán de ingresos estables para adquirir alimentos.

B. Conclusiones claves

Con este trabajo se dispone de un primer esfuerzo en realizar una clasificación de vulnerabilidad agrícola comparable para toda la región SICA que incluye escenarios de cambio climático. La escala que permite diferenciar e identificar zonas con características climáticas similares pero con grados de vulnerabilidad distinta. Esto puede fortalecer esfuerzos nacionales de medición de la vulnerabilidad en el sector agrícola y es una oportunidad de obtener mejores medidas de adaptación con intercambio de experiencias.

La metodología utilizada en el estudio involucra una combinación de índices de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. La información mayormente disponible y de fácil homologación a nivel regional se encuentra para los indicadores de exposición. En cuanto a la sensibilidad, es muy relevante el nivel de idoneidad climática para la agricultura, sin embargo, se dificulta la selección de los diferentes rubros agrícolas tomados en el análisis de idoneidad de tal forma que sean representativos de la actividad agrícola de cada uno de los países de la región. Por último, hay que señalar que la información más difícil de reunir de forma homologada, para cada uno de los países de la región, está alrededor de los indicadores para el cálculo del índice de capacidad adaptativa. Se considera que el estudio podría mejorar sustancialmente en la medida que se pueda acercar mejor información de estos indicadores para la región.

En la región del SICA, la República Dominicana presenta mayores valores del índice de exposición, amenazada frecuentemente por tormentas tropicales, sequías e inundaciones. En los países de Centroamérica las zonas más expuestas coinciden con las zonas de mayor riesgo de ocurrencia de sequías y en menor medida las amenazas de inundaciones y tormentas tropicales.

En cuanto a la sensibilidad de la agricultura ante la variabilidad y cambio climático las zonas más afectadas son aquellas donde las precipitaciones son menores y las temperaturas más altas. Cualquier cambio que ocurra en estas zonas con una disminución de las precipitaciones o aumento de la temperatura disminuirá la idoneidad del clima para el desarrollo de los cultivos agrícolas analizados en el estudio.

El estudio muestra que hay mayor vulnerabilidad en zonas con mayores amenazas de sequías y menor idoneidad climática para los rubros estudiados. Es interesante observar cómo al aumentar la capacidad adaptativa en algunas zonas —similares climáticamente—, se puede reducir la vulnerabilidad de la agricultura ante el cambio climático. También se puede inferir que mediante la implementación de prácticas agrícolas adaptadas al clima se puede mejorar la idoneidad climática y reducir la sensibilidad de la agricultura, haciéndola menos vulnerable ante la variabilidad y cambio climático.

Los países de la región han expresado que los índices de vulnerabilidad al cambio climático servirán para incrementar la conciencia, el conocimiento, la capacidad de construir nuevas políticas, mantener informados a los tomadores de decisión, comprender las condiciones en las que se encuentran los puntos críticos de riesgo, implementar estrategias para medidas de adaptación y fortalecer las capacidades locales para enfrentar los desafíos del cambio climático.

Este trabajo puede ser punto de partida para los esfuerzos nacionales de generar su propio índice de vulnerabilidad agrícola de acuerdo con sus propias condiciones. Es importante que en la elaboración de estos índices participen los Ministerios de Agricultura con información y con sus criterios de experto en cuanto a los pesos dados a cada rubro e indicador, así como los cultivos que deben ser incluidos. Se espera sea un trabajo de diversos sectores que incidan en la actividad agrícola y en la seguridad alimentaria.

Este análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático contribuye a la Estrategia de Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (EASAC) para la región SICA en sus cuatro ejes esencialmente el eje dos de gestión integral de riesgo y adaptación al clima. Los índices de vulnerabilidad no son estáticos en el tiempo, por lo que debe la vulnerabilidad debe medirse de manera continua y mejorada, incluyendo más indicadores. Asimismo, se deben identificar acciones que puedan reducir los impactos sobre la agricultura y la seguridad alimentaria por la exposición y la sensibilidad del sector y realizar otras políticas que aumenten la capacidad adaptativa de la población.

Bibliografía

- Alkire, S., U. Kanagaratnam y N. Suppa (2021), "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", *OPHI MPI Methodological Notes* N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] <https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/>.
- Almazroui, M. y otros (2021), "Projected changes in temperature and precipitation over the United States, Central America and the Caribbean in CMIP6 GCMs", *Earth Systems and Environment*, Springer Nature [en línea] <https://doi.org/10.1007/s41748-021-00199-5>.
- Almeida, J. y otros (2020), "Vulnerabilidad al cambio climático e impactos económicos en el sector agrícola en América Latina y el Caribe", *Nota Técnica No. IDB-TN-01985*, Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali [en línea] <https://publications.iadb.org/es/vulnerabilidad-al-cambio-climatico-e-impactos-economicos-en-el-sector-agricola-en-america-latina-y>.
- Ambergris Today Online (2019), *Extended Draught Warning for Belize* [en línea] <https://www.ambergristoday.com/news/2019/07/30/extended-draught-warning-belize>.
- Ayuda en Acción (2017), "La importancia del agua para el desarrollo de las regiones más deprimidas", Madrid [en línea] <https://ayudaenaccion.org/blog/sostenibilidad/importancia-del-agua/>.
- Bello, O. y L. Peralta (coords.) (2021), *Evaluación de los efectos e impactos de las depresiones tropicales Eta y Iota en Guatemala* (LC/TS.2021/21), Santiago, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46681-evaluacion-efectos-impactos-depresiones-tropicales-eta-iota-guatemala>.
- Bezner R. y otros, (2022), "Food, fibre, and other ecosystem products", *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, Chapter 5, H. O. Pörtner y otros (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y New York, N.Y. [en línea] <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>.
- BID/CEPAL (Banco Interamericano de Desarrollo/Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2023), *Evaluación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Julia y de la temporada de lluvias 2022 en Honduras*, División de Medio Ambiente Desarrollo Rural y Gestión del Riesgo por Desastres, Departamento de Países de Centroamérica, Haití, México, Panamá y República Dominicana, Nota Técnica N° IDB-TN-02666 [en línea] <https://publications.iadb.org/es/evaluacion-de-los-efectos-e-impactos-de-la-tormenta-tropical-julia-y-de-la-temporada-de-lluvias>.
- _____ (2021), *Evaluación de los efectos e impactos de la tormenta tropical Eta y el huracán Iota en Honduras*, División de Medio Ambiente Desarrollo Rural y Gestión del Riesgo por Desastres, Departamento de Países de Centroamérica, Haití, México, Panamá y República Dominicana, Nota Técnica N° IDB-TN-2168 [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46853-evaluacion-efectos-impactos-causados-la-tormenta-tropical-eta-huracan-iota>.

- Bouroncle C. y otros (2017), "Mapping climate change adaptive capacity and vulnerability of smallholder agricultural livelihoods in Central America: ranking and descriptive approaches to support adaptation strategies", *Climate Change*, N° 141, Springer Nature [en línea] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-016-1792-0>.
- Brenes, A. (2016), *Informe Final: gestión del riesgo y vulnerabilidad en Costa Rica. Vigésimosegundo informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible*, San José [en línea] <https://docplayer.es/56072738-Vigesimosegundo-informe-estado-de-la-nacion-en-desarrollo-humano-sostenible-informe-final-gestion-del-riesgo-y-vulnerabilidad-en-costa-rica.html> [fecha de consulta: 9 de octubre de 2022].
- Brune S. y otros (2022), "CMIP6 CMIP MPI-ESM1-2-LR historical-RCM-forcing data", *World Data Center for Climate* (WDCC), DKRZ [en línea] https://doi.org/10.26050/WDCC/RCM_CMIP6_HISTORICAL-LR.
- Bunn C. y otros (2018), "Climate change and cocoa cultivation", Umaharan, P. (ed.) *Achieving Sustainable Cultivation of Cocoa*, Cambridge, Reino Unido, Burleigh Dodds Science Publishing [en línea] <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/97013>.
- Bunn C. F. Castro y M. Lundy (2018), *The impact of climate change on coffee production in Central America*, CCAFS report, CGIAR research climate change, agriculture and food security (CCAFS) [en línea] <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/93348>.
- Cahoon, D.R. y P. Hensel (2002), "Hurricane Mitch: A regional perspective on mangrove damage, recovery and sustainability", USGS open file report 03-183 [en línea] https://www.researchgate.net/publication/253979484_Hurricane_Mitch_A_Regional_Perspective_on_Mangrove_Damage_Recovery_and_Sustainability.
- Calvo, O. D. y otros (2018), "Impactos de las sequías en el sector agropecuario del Corredor Seco Centroamericano", *Agronomía Mesoamericana*, San José, Universidad de Costa Rica [en línea] https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1659-13212018000300695&script=sci_abstract&tlng=es.
- CANSH (Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica de Panamá) (2016), *Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: agua para todos*, Ciudad de Panamá, Panamá [en línea] <https://www.undp.org/es/panama/publications/plan-nacional-de-seguridad-h%C3%ADrica-2015-2050-agua-para-todos> [fecha de consulta: 9 de octubre de 2022]
- CarbonBrief—Clear on Climate (2018), *Explainer: How Shared Socioeconomic Pathways explore future climate change*, Climate modelling [en línea] <https://www.carbonbrief.org/explainer-how-shared-socioeconomic-pathways-explore-future-climate-change/>.
- Castellanos y otros (2022), "Central and South America", H.O. Portner y otros (eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment to the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press [en línea] https://www.researchgate.net/publication/362431678_Climate_Change_2022_Impacts_Adaptation_and_Vulnerability_Working_Group_II_Contribution_to_the_Sixth_Assessment_Report_of_the_Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change.
- Castellanos, E.J., T.S. Thomas y S. Dunston (2018), *Climate Change, Agriculture, and Adaptation Options for Guatemala*, International Food Policy Research Institute (IFPRI), Washington D.C. [en línea] <https://www.ifpri.org/publication/climate-change-agriculture-and-adaptation-options-guatemala>.
- CCPDH (Consejo Centroamericano de Procuradores de Derechos Humanos) (2008), *Políticas públicas regionales sobre la reducción de la pobreza en Centroamérica y su incidencia en el pleno disfrute de los derechos humanos – Informe Nacional – El Salvador*, San Salvador [en línea] <https://www.corteidh.or.cr/tablas/27141.pdf> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022].

- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2023), CEPALSTAT [base de datos en línea] <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html>.
- _____(2021), *Panorama Social de América Latina 2020*, presentación de A. Bárcena, Secretaria Ejecutiva de la CEPAL [en línea] <https://www.cepal.org/es/presentaciones/panorama-social-america-latina-2020>.
- _____(2014), *Manual para la evaluación de desastres* (LC/L.3691), Santiago [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/35894-manual-la-evaluacion-desastres>.
- _____(2011), *Agricultura y cambio climático: instituciones, políticas e innovación. Memoria del seminario internacional realizado en Santiago los días 10 y 11 de noviembre de 2010* (LC/L.3353), Santiago [en línea] https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/7021/LCL3353s_es.pdf.
- CEPAL/CAC-SICA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericana) (2020), *Análisis espacial de datos históricos y escenarios de cambio climático en México, Centroamérica, Cuba, Haití y la República Dominicana* (LC/MEX/TS.2020/43), Ciudad de México, 2020 [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/46499-analisis-espacial-datos-historicos-escenarios-cambio-climatico-mexico>.
- _____(2014), *Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica* (LC/MEX/L.1169), México, D. F. [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/37456-impactos-potenciales-cambio-climatico-cafe-centroamerica>
- _____(2013), *Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica* (LC/MEX/L.1123), México, D. F. [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/27171-impactos-potenciales-cambio-climatico-granos-basicos-centroamerica>.
- CEPAL/CAC-SICA/SIECA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericana)/Sistema de Integración Económica de Centroamérica) (2017), *Seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y la República Dominicana: explorando los retos con una perspectiva sistémica*, LC/MEX/TS.2017/29, Ciudad de México [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/42588-seguridad-alimentaria-nutricional-centroamerica-la-republica-dominicana>.
- CEPAL y otros (2018), *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y la República Dominicana: Propuestas metodológicas* (LC/MEX/TS.2018/19), Ciudad de México [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/44056-cambio-climatico-seguridad-alimentaria-nutricional-centroamerica-la-republica>.
- _____(2012), *La economía del cambio climático: impactos potenciales de los ecosistemas. Serie técnica 2012* (LC/MEX/L.1077), México D.F. [en línea] <https://repositorio.cepal.org/items/1c837c0f-f1ed-490f-9261-f157a8961abe>.
- _____(2011), *La economía del cambio climático en Centroamérica. Reporte técnico 2011* (LC/MEX/L.1016), México, D.F., [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/26058-la-economia-cambio-climatico-centroamerica-reporte-tecnico-2011>.
- CMNUCC (Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático) (2003), *Report of the Conference of the Parties on its eighth session, held at New Delhi from 23 October to 1 November 2002. Addendum 2. Part two. Action taken by the Conference of the Parties* [en línea] <https://unfccc.int/documents/3217>.
- _____(1992), *Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático FCCC/INFORMAL/84/Rev.1* [en línea] https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_spanish_for_posting.pdf.

- CONAGUA (Consejo Nacional de Agua de Panamá) (2016), *Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: Agua para Todos*, Ciudad de Panamá, [en línea] <https://www.undp.org/es/panama/publications/plan-nacional-de-seguridad-h%C3%Addrica-2015-2050-agua-para-todos> [fecha de consulta: 9 de octubre de 2022].
- Dix M. y otros (2019), *CSIRO-ARCCSS ACCESS-CM2 model output prepared for CMIP6 ScenarioMIP*, World Climate Research Programme (WCRP), Earth System Grid Federation [en línea] <https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.2285>.
- Döscher R. y otros (2022), “The EC-Earth3 Earth system model for the Coupled Model Intercomparison Project 6”, *Geoscientific Model Development*, European Geosciences Union, vol. 15, N° 7 [en línea] <https://gmd.copernicus.org/articles/15/2973/2022/>.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2023), FAOSTAT, “Balances de alimentos”, División de Estadísticas de la FAO [base de datos en línea] <https://www.fao.org/faostat/es/#data/FBS>.
- _____(2016), *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional, América Latina y el Caribe (orientación de política)*, Santiago [en línea] <https://www.fao.org/3/i6311s/i6311s.pdf>.
- _____(2012), *Marco Estratégico Regional para la Gestión de Riesgos Climáticos en el Sector Agrícola del Corredor Seco Centroamericano*, Roma [en línea] https://coin.fao.org/coin-static/cms/media/14/13590441298720/marco_estratgico_corredor_seco-.pdf.
- Fernández, P. y otros (2019), *Climate Smart Coffee in El Salvador*, CGSpace – A Repository of Agricultural Research Outputs, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali [en línea] <https://hdl.handle.net/10568/103773>.
- Fernandez-Manjarrés, J., (2018), “Using ecological modelling to inform policy makers of potential changes in crop distribution: an example with cacao crops in Latin America”, *Economic Tools and Methods for the Analysis of Global Change Impacts on Agriculture and Food Security*, S. Quiroga (ed.), Springer Link, Cham, Suiza [en línea] <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-99462-8>.
- Fick, S.E. y R.J. Hijmans (2017), “WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas”, *International Journal of Climatology*, vol. 37, N° 12 [en línea] <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.5086>.
- GeoSolutions (2022), MapStore – Webmapping moderno con OpenLayers, Leaflet y React [base de datos en línea] <https://servidormapas.ineter.gob.ni/mapstore/#/>.
- Global Forest Watch (2023), Cart Planet [en línea] <https://www.globalforestwatch.org/map/>.
- Gobierno de Nicaragua, *4ta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático*, Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2023), Proyecto “Habilitación de la preparación de la Cuarta Comunicación Nacional de Nicaragua y el Primer Informe Bienal de Actualización a la CMNUCC”, SCCP-GEF-FAO, Managua [en línea] <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/4CN-Nicaragua.pdf>.
- Gonda N. (2014), “Género y adaptación al cambio climático - Puesta en común y sistematización de experiencia sobre la integración de la perspectiva de género en la adaptación al cambio climático en el ámbito rural en Nicaragua”, *Agronomes Veterinaires sans Frontieres*, Managua [en línea] https://americaingenera.org/wp-content/uploads/2014/12/Genero_y_Adaptacion_al_cambio_climativo_vf_Veterinarios_sin_fronteras_y_PNUD.pdf.
- Gourdji S y otros (2015), “Historical climate trends, deforestation, and maize and yields in Nicaragua”, *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 200 [en línea] <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0168192314002536>.

- GWP Centroamérica (Global Water Partnership Centroamérica) (2016), *Análisis socioeconómico del impacto sectorial de la sequía del 2014 en Centroamérica*, Programa Agua, Clima y Desarrollo (PACyD), Tegucigalpa [en línea] https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/impacto-sequia-2014_fin.pdf.
- Hansen, M.C. y otros (2022), "Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data", *Environmental Research Letters*, vol. 17, N° 3 [en línea] <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec>; datos disponibles [en línea] <https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3>.
- Harris, I. y otros (2013), "Updated high-resolution grids of monthly climatic observations – the CRU TS3.10 Dataset", *International Journal of Climatology*, vol. 34, N° 3, Royal Meteorological Society [en línea] <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.3711>.
- Hidalgo, H. G. y E. J. Alfaro (2014), "Skill of CMIP5 climate models in reproducing 20th century basic climate features in Central America", *International Journal of Climatology*, vol. 35, N° 12, Royal Meteorological Society [en línea] <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/joc.4216>.
- Hijmans, R. (2022), *DIVA-GIS*, Universidad de California Davis, 2022 [en línea] https://bioge.ucdavis.edu/data/diva/rds/CRI_rds.zip.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos de Costa Rica) (2013), *Costa Rica: mapas de pobreza 2011*, San José [en línea] https://admin.inec.cr/sites/default/files/media/mepobrezacenso2011-01.pdf_2.pdf [fecha de consulta: 8 de octubre de 2023].
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) (2022), *MapStore, Mapa de riesgo de sequía* [en línea] <https://servidormapas.ineter.gob.ni/mapstore/#/viewer/openlayers/56> [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
- INFORM (2022), *INFORM Risk Index 2023*, Inter-Agency Standing Committee Reference Group on Risk, Early Warning and Preparedness y Comisión Europea, [en línea] <https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index/>.
- INIDE (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo) (2006), *Capítulo II, Mapa de pobreza extrema municipal por el método de necesidades básicas insatisfechas (NBI)* [en línea] <https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/CifrasMun/MapPobrezaM.pdf>.
- IPCC (Panel Intergubernamental de Cambio Climático) (2022), "Summary for Policymakers", H.O. Pörtner y otros (eds.), *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Cambridge University Press [en línea] <https://www.ipcc.ch/report/sixth-assessment-report-working-group-ii/>.
- ____ (2014a), *Cambio climático 2014 - Informe de síntesis*, R. K. Pachauri y L. A. Meyer (eds.), Ginebra, Organización Meteorológica Mundial (OMM), Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) [en línea] https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/SYR_AR5_FINAL_full_es.pdf.
- ____ (2014b), *Cambio climático 2014: Impactos, adaptación y vulnerabilidad. Resúmenes, preguntas frecuentes y recuadros multicapítulos*, C.B. Field y otros (eds.), Organización Meteorológica Mundial (OMM), Ginebra [en línea] https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/WGIAR5-IntegrationBrochure_es-1.pdf.
- F. Issler e I. Rocabado (2019), *Integrated Vulnerability and Adaptation Assessment*, Belice, inédito.

- Izzo M, L. Rathe y D. Arias, *Informe final: puntos críticos para la vulnerabilidad a la variabilidad y cambio climático en la República Dominicana y su adaptación al mismo*, Programa para la Protección Ambiental, Acuerdo de cooperación N° 517-A-00-09-00106-00, Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos (USAID)/Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de la República Dominicana/The Nature Conservancy/Instituto Dominicano de Desarrollo Integral (IDDI), Santo Domingo, República Dominicana, 2013 [en línea] <https://bvearmb.do/handle/123456789/561>.
- Kawas, N., O. Ferman y K. Wiese (2011), *Evaluación de la vulnerabilidad a nivel municipal en Honduras*, Documento de Trabajo, Tegucigalpa, International Institute for Sustainable Development (IISD).
- Knapp, K. R. y otros (2018), *International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4*, NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] <https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552> [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
- _____(2010), "The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data". *Bulletin of the American Meteorological Society*, N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
- Kriegler, E. y otros (2012), "The need for and use of socio-economic scenarios for climate change a new approach shared socioeconomic pathways", *Global Environmental Change*, vol. 22, N° 4, octubre [en línea] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959378012000593>.
- Läderach, P. y otros (2016), "Climate change adaptation of coffee production in space and time", *Climate Change*, vol. 141 [en línea] https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-016-1788-9?dom=icopyright&src=syn&error=cookies_not_supported&code=b34a18e5-0623-476b-b7e5-237d01c1a783.
- _____(2013), "Mesoamerican Coffee: Building a Climate Change Adaptation Strategy", *CIAT Policy Brief Series*, N° 2, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali [en línea] <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/29001>.
- Lane, A. y A. Jarvis (2007), "Changes in climate will modify the geography of crop suitability: agricultural biodiversity can help with adaptation", *Journal of the Semi-Arid Tropics*, vol. 4, N° 1 [en línea] https://www.researchgate.net/profile/Robert-Redden/publication/226709979_Biodiversity_Challenges_with_Climate_Change/links/562019a908aed8dd19404532/Biodiversity_Challenges-with-Climate-Change.pdf.
- MacGregor, S. (2010), "Gender and climate change: from impacts to discourses", *Journal of the Indian Ocean Region*, N° 6 [en línea] <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/19480881.2010.536669>.
- MAGA/MCIV (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala/Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala) (2002), *Estimación de amenazas inducidas por fenómenos hidro meteorológicas en la República de Guatemala*, Programa de Emergencia por Desastres Naturales (PEDN/MAGA) Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Guatemala [en línea] <http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0069/doc0069.pdf>.
- Malone, E. L. y N. L. Engle (2011), "Evaluating regional vulnerability to climate change: purposes and methods", *Climate Change*, vol. 2, N° 3, Wiley Interdisciplinary Reviews [en línea] <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcc.116>.

- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua) (2013), *Estado de la Biodiversidad para la Alimentación y la Agricultura en Nicaragua, Informe Nacional*, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Managua, Nicaragua [en línea] <https://www.fao.org/3/CA3488ES/ca3488es.pdf>.
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador) (2018), *Catálogo Mapa Nacional de Riesgo Ambiental, en el marco del Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental*, San Salvador [en línea] <https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/catalogo-mapa-nacional-de-riesgo-ambiental-en-el-marco-del-plan-nacional-de-prevencion-y-contingencia-ambiental/> [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
- MARN/CNCCMDL (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador/Consejo Nacional para el Cambio Climático y Mecanismo de Desarrollo Limpio) (2017), *Tercera Comunicación Nacional de República Dominicana para la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático* [en línea] https://unfccc.int/sites/default/files/resource/29064815_Dominican%20Republic-NC3-1-Informe%20Tercera%20Comunicacion%20%28Para%20WEB%29%20%282%29.pdf.
- MARN/PNUD (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2018), *Tercera comunicación nacional de cambio climático* [en línea] <http://rcc.marn.gob.sv/handle/123456789/341>.
- MARN/SGCCC/PNUD (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala/Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2023), *Primer reporte bienal y tercera comunicación nacional de cambio climático*, Guatemala [en línea] <https://www.undp.org/es/guatemala/proyectos/primer-reporte-bienal-y-tercera-comunicacion-nacional-de-cambio-climatico>.
- MCIV/INSIVUMEH (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala/Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología) (2022), *Sistema de Vigilancia de la sequía agrícola. índices de Sequía* [base de datos en línea] <http://svsa.insivumeh.gob.gt/mapas> [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].
- Meerman J. y J. Clabaugh (2017), *Biodiversity and Environmental Resource Data System of Belize, Spatial Data Warehouse* [en línea] <http://www.biodiversity.bz/>.
- MEF/BM (Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá/Banco Mundial) (2017), *Pobreza y desigualdad en Panamá: mapas a nivel de distritos y corregimientos: año 2015*, Dirección de Análisis Político y social [en línea] <https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2020/12/Pobreza-y-desigualdad-en-Panama-Mapas-a-nivel-de-Distritos-y-Corregimientos-2015.pdf> [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022].
- Menchú, M.T y O.T. Osegueda (2002), “La canasta básica de alimentos en Centroamérica – Revisión de la metodología”, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá/Organización Panamericana de la Salud (INCAP/OPS), Guatemala [en línea] https://www.sica.int/documentos/la-canasta-basica-de-alimentos-en-centroamerica-revision-de-la-metodologia_1_37006.html.
- MiAmbiente (Ministerio de Ambiente de Panamá) (2023), *Cuarta Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Panamá* [en línea] https://transparencia-climatica.miambiente.gob.pa/wp-content/uploads/2023/08/4CNCC_2023_H.pdf.
- _____ (2021), “Índice de vulnerabilidad al cambio climático de la República de Panamá”, Dirección de Cambio Climático, Ciudad de Panamá [en línea] <https://online.fliphtml5.com/eebm/nuhh/#p=1>.

- MiAmbiente/CNULD (Ministerio de Ambiente de Panamá/Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación) (2020), *Plan Nacional de Sequía para Panamá*, Ciudad de Panamá [en línea] https://www.unccd.int/sites/default/files/country_profile_documents/Plan%20Nacional%20contra%20la%20Sequia.pdf.
- MiAmbiente/PNUD (Ministerio de Ambiente de Panamá/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2018), *Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático Panamá*, Ciudad de Panamá [en línea] <https://www.undp.org/es/panama/publications/tercera-comunicaci%C3%B3n-nacional-sobre-cambio-clim%C3%A1tico>.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica) (2021), *Cuarta comunicación nacional a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático – Costa Rica*, primera edición, San José [en línea] <http://cglobal.imn.ac.cr/index.php/publications/cuartacomunicacionnacional/>.
- MINAE/MIDEPLAN/PNUMA (Ministerio de Ambiente y Energía de Costa Rica/Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica de Costa Rica/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2020), *Plan de Acción Regional para la adaptación al cambio climático 2022-2026/ Plan A – Territorios Resilientes ante el Cambio Climático*, Región Huetar Caribe, San José [en línea] https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2022/05/Plan-de-Accion-ACC-Region-Huetar-Caribe_.pdf.
- Monterroso, A. y otros (2012), “Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura de México”, *Cambio climático: extremos e impactos*, VIII Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología, Salamanca [en línea] http://aeclim.org/wp-content/uploads/2016/02/0086_PU-SA-VIII-2012-A_MONTERROSO.pdf.
- Morillo, A. (2014), *El mapa de la pobreza en la República Dominicana 2014 - Informe general*, Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD)/Unidad Asesora de Análisis Económico y Social, Santo Domingo [en línea] https://mepyd.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/uaaes/mapa_pobreza/2014/Mapa%20de%20la%20pobreza%202014,%20informe%20general,%20editado%20final2%20FINAL.pdf.
- MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura de Nicaragua) (2021), División General de Planificación, División de Administración Vial, *Red vial de Nicaragua 2020* [en línea] <https://es.scribd.com/document/598229004/Red-Vial-de-Nicaragua-2020>.
- Naser, D. (2018), “Definiendo indicadores de forma SMART” [en línea] <https://dominiquenaser.medium.com/definiendo-indicadores-de-forma-smart-1927c8fd9436>.
- NCCO (National Climate Change Office) (2022), *Belize's fourth national communication prepared for the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*, Belmopan City [en línea] <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Belize%20National%20Communication.pdf>.
- Nisar, T.R., K. Gopal Rao y J.S.R. Murthy (2000), “GIS-based fuzzy membership model for crop-land suitability analysis”, *Agricultural Systems*, vol. 63, N° 2 [en línea] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308521X99000360>.
- O'Brien, K.L. y otros (2004), “Mapping vulnerability to multiple stressors: climate change and globalization in India”, *Global Environmental Change*, N° 14 [en línea] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S095937800400010X>.
- O'Neill, B. C. y otros (2016), “The Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP) for CMIP6”, *Geoscientific Model Development*, vol. 9, N° 9 [en línea] <https://gmd.copernicus.org/articles/9/3461/2016/>.
- ____ (2014), “A new scenario framework for climate change research: the concept of shared socioeconomic pathways”, *Climatic Change*, vol. 122, N° 3 [en línea] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10584-013-0905-2>.

- Ovalle-Rivera, O. y otros (2020), "Assessing the accuracy and robustness of a process-based model for coffee agroforestry systems in Central America", *Agroforestry Systems*, vol. 94 [en línea] <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-020-00521-6>.
- Parker, L. y otros (2019), "Vulnerability of the agricultural sector to climate change: The development of a pan-tropical Climate Risk Vulnerability Assessment to inform sub-national decision-making", *PloS ONE*, vol. 14, N° 3 [en línea] <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0213641>.
- Peña, T. y otros (2022), "índice de vulnerabilidad al cambio climático en el sector recursos hídricos, aplicado en cuatro distintas localidades de Honduras", *Revista Bionatura*, vol. 7, N° 3/21 [en línea] <https://revistabionatura.com/files/2022.07.03.21.pdf>.
- Pérez, J. (2020), *Plan Nacional de Sequía para Panamá*, Ministerio de Ambiente de Panamá/Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD), Ciudad de Panamá, [en línea] https://www.unced.int/sites/default/files/country_profile_documents/Plan%20Nacional%20contra%20la%20Sequia.pdf.
- PMA (Programa Mundial de Alimentos) (2017), *Análisis Integrado de Contexto (ICA): República Dominicana*. Santo Domingo [en línea] https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000039498/download/?_ga=2.102664897.1102141775.1665943714-111110830.1665465959 [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2013), *Gestión de riesgos climáticos para la agricultura de pequeña escala en Honduras*, Instituto Internacional para el Desarrollo Sostenible (IISD)/Gobierno de Honduras/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD-Dirección de Prevención de Crisis y de Recuperación), Nueva York [en línea] https://www.iisd.org/system/files/publications/crm_honduras_es.pdf.
- Ramírez, D. y otros (2010), *Nicaragua: efectos del cambio climático sobre la agricultura (LC/MEX/L.964)*, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), México, D.F. [en línea] <https://www.cepal.org/es/publicaciones/25925-nicaragua-efectos-cambio-climatico-la-agricultura>.
- Ramirez-Villegas, J, A. Jarvis y P. Läderach (2013), "Empirical approaches for assessing impacts of climate change on agriculture: The EcoCrop model and a case study with grain sorghum", *Agricultural and Forest Meteorology*, vol. 170 [en línea] <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168192311002814>.
- Rapidel, B. y J. Rodríguez (1990), *Zonificación agrometeorológica de las lluvias en Nicaragua*, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Proyecto Regional de Agrometeorología, Ministerio de Agricultura y Ganadería de Nicaragua, Turrialba [en línea] <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/4344>.
- RED2RED (2020), *Género y Cambio Climático – Un diagnóstico de situación*, Instituto de la Mujer, Gobierno de España, Ministerio de Igualdad, Fondo Social Europeo, Unión Europea, Madrid [en línea] https://www.inmujeres.gob.es/disenov/novedades/Informe_GeneroyCambioClimatico2020.pdf.
- Rodriguez, J. (2013), "Elaboración de mapas de adaptación agroecológica de granos básicos en las zonas de intervención del proyecto PAPSSAN en Nicaragua", Proyecto de apoyo a la producción de semillas de granos básicos para la seguridad alimentaria de Nicaragua (PAPSSAN), Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Managua [en línea] <https://docplayer.es/14989014-Instituto-nicaraguense-de-tecnologia-agropecuaria-inta-informe-final.html>.

- Rodríguez, C., R. Moreno y J. Maldonado (2016), "Incidencia de dos medidas diferentes de pobreza en la estimación de capacidad adaptativa en la comunidad de Barú, Bolívar", *Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras - INVEMAR*, vol. 45, N° 2, Santa Marta [en línea] http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-97612016000200197&lng=e&nrm=iso&tlng=es.
- Schmidt, A., y otros (2012), *Tortillas on the roaster (ToR) Central American maize-bean systems and the changing climate - Full technical report*, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Catholic Relief Services (CRS), Centro Internancional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), México [en línea] https://www.crs.org/sites/default/files/tools-research/tortillas-on-the-roaster-full-report_0.pdf.
- Schroth, G. y otros (2009), "Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, Mexico". *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 14 (7) [en línea] <https://link.springer.com/article/10.1007/s11027-009-9186-5>.
- SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia) (2022), Sistema de Información Territorial (SINIT), Gobierno de Guatemala, [en línea] <http://ide.segeplan.gob.gt/descargas.php>.
- SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras) (2019), *Tercera Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, República de Honduras ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, Tegucigalpa [en línea] <https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Third%20National%20Communication%20HONDURAS.pdf>.
- ____ (2013), *Las condiciones de sequía y estrategias de gestión en Honduras*, 2013 [en línea] https://www.droughtmanagement.info/literature/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Honduras_2013.pdf.
- Shiogama, H., M. Abe y H. Tatebe (2019), "CMIP6.ScenarioMIP.MIROC.MIROC6", *Earth System Grid Federation* [en línea] <https://www.wdc-climate.de/ui/cmip6?input=CMIP6.ScenarioMIP.MIROC.MIROC6>.
- SIB (Statistical Institute of Belize) (2013), *Belize Population and Housing Census: Country Report 2010*, Fondo de Población de las Naciones Unidas (UNFPA), Belmopan [en línea] https://sib.org.bz/wp-content/uploads/2010_Census_Report.pdf [en línea] [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
- Soto, B. (2013), *Las condiciones de sequía y estrategia de gestión en Costa Rica*, Programa de gestión integrada de sequías, 2013 [en línea] https://www.droughtmanagement.info/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Costarica_2013.pdf [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
- Swart, N.C. y otros (2019), *CMIP6.ScenarioMIP.CCCma.CanESM5, Coupled Model Intercomparison Project Phase 6 (CMIP6) datasets*, Earth System Grid Federation [en línea] <https://www.wdc-climate.de/ui/cmip6?input=CMIP6.ScenarioMIP.CCCma.CanESM5>.
- Taylor, M. A. y E. J. Alfaro (2005), "Central America and the Caribbean, climate of", *Encyclopedia of World Climatology* [en línea] https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007/1-4020-3266-8_37.
- Trigg, M. y A. Smith (2016), *CHaRIM Project, Belize National Flood Hazard Mapping Methodology and Validation Report (final version)*, SSBN Ltd & University of Bristol, as part of the ITC Consortium [en línea] <https://pdf4pro.com/amp/view/charim-belize-national-flood-hazard-mapping-937e6.html>.

- UNAH (Universidad Nacional Autónoma de Honduras) (2012), *Atlas climático y gestión de riesgo en Honduras*, Tegucigalpa [en línea] <https://www.studocu.com/in/document/dharmsinh-desai-university/dot-net/atlas-climatico-y-de-gestion-de-riesgo-de-honduras/23348341> [fecha de consulta: 11 de octubre de 2022].
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional) (2017), *Perfil de riesgo climático: Nicaragua* [en línea] <https://www.climatelinks.org/resources/perfil-de-riesgo-climatico-nicaragua>.
- Van der Zee, A. y otros (2012), *Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano (Países CA-4)*, Tomo I, Proyecto Regional Corredor Seco Centroamericano, Acción contra el Hambre (ACF International), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), Unión Europea – Ayuda Humanitaria y Protección Civil [en línea] http://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/tomo_i_corredor_seco.pdf.
- Viguera, B. y otros (2017), *Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación*, Proyecto CASCADA, Conservación Internacional (CI), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE)/División de Investigación y Desarrollo, Turrialba [en línea] https://www.conservation.org/docs/default-source/publication-pdfs/cascade_modulo-2-impactos-del-cambio-climatico-en-la-agricultura-de-centroamerica.pdf.
- Voltaire, A. y otros (2022), “Assessment of the sea surface temperature diurnal cycle in CNRM-CM6-1 based on its 1D coupled configuration”, *Geoscientific Model Development (GMD)*, vol. 15, N° 8 [en línea] <https://gmd.copernicus.org/articles/15/3347/2022/>.

Anexos

Anexo I

Glosario

Adaptación: proceso de ajuste al clima real o proyectado y sus efectos. En los sistemas humanos, la adaptación trata de moderar o evitar los daños o aprovechar las oportunidades beneficiosas. En algunos sistemas naturales, la intervención humana puede facilitar el ajuste al clima proyectado y a sus efectos (IPCC, 2014b).

Cambio climático: 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 deberse a procesos internos naturales o a forzamientos externos tales como modulaciones de los ciclos solares, erupciones volcánicas o cambios antropogénicos 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 “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, pues, entre el cambio climático atribuible a las actividades humanas que alteran la composición atmosférica y la variabilidad climática atribuible a causas naturales (IPCC, 2014b).

Capacidad adaptativa: se refiere a la capacidad de un sistema de enfrentar los efectos del cambio climático, al potencial de implementar medidas que ayuden a disminuir los posibles impactos identificados. La capacidad adaptativa de una sociedad refleja su capacidad de modificar sus características o comportamientos. Indicadores de vulnerabilidad y cambio climático en la agricultura para enfrentar de una mejor manera o anticiparse a los factores que impulsan el cambio (Monterroso y otros, 2012).

Exposición: se refiere al grado de estrés climático sobre una unidad particular de análisis, puede estar representada por cambios en las condiciones climáticas o bien por cambios en la variabilidad climática, donde se incluye la magnitud y frecuencia de eventos extremos (Monterroso y otros, 2012). 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, 2014b).

Idoneidad: para cultivos, varios investigadores han utilizado índices de idoneidad como proxy para evaluar la respuesta de una variable (o mezcla de variables) a un conjunto de factores ambientales (Lane y Jarvis, 2007; Nisar Ahamed y otros, 2000; Schroth y otros, 2009). Estos índices se han desarrollado como sustitutos para cuantificar la relación entre el clima y el rendimiento de los cultivos cuando no se dispone de información detallada.

Ecocrop: define el área de idoneidad para un cultivo dado en función de si existen condiciones climáticas adecuadas (temperatura y precipitación) dentro de la temporada de crecimiento y calcula la idoneidad climática de la interacción resultante entre lluvia y temperatura. Se remite a los lectores al informe completo del proyecto y al trabajo de Ramírez-Villegas y otros (2013) para una descripción detallada de la metodología.

Impactos: efectos en los sistemas naturales y humanos. En el presente estudio, el término impactos se emplea principalmente para describir los efectos sobre los sistemas naturales y humanos de episodios meteorológicos y climáticos extremos y del cambio climático. 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 con la vulnerabilidad de las sociedades o los sistemas expuestos a ellos. Los impactos también se denominan consecuencias y resultados. 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, 2014b).

Peligro: acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. En el presente estudio, el término peligro se refiere generalmente a sucesos o tendencias físicos relacionados con el clima o los impactos físicos de este (IPCC, 2014b).

Resiliencia: capacidad de los sistemas sociales, económicos y ambientales de afrontar un suceso, tendencia o perturbación peligroso respondiendo o reorganizándose de modo que mantengan su función esencial, su identidad y su estructura, y conservando al mismo tiempo la capacidad de adaptación, aprendizaje y transformación (IPCC, 2014b).

Riesgo: potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias. Los riesgos resultan de la interacción de la vulnerabilidad, la exposición y el peligro. En el presente estudio, el término riesgo se utiliza principalmente en referencia a los riesgos de impactos del cambio climático (IPCC, 2014b).

Sensibilidad: es el grado en el que un sistema es potencialmente modificado o afectado por un disturbio, interno, externo o un grupo de ellos. La medida determina el grado en el que un sistema se puede ver afectado por un estrés, son las condiciones humanas y ambientales que pueden empeorar o disminuir los impactos por un determinado fenómeno (Monterroso y otros, 2012).

Transformación: cambio en los atributos fundamentales de los sistemas naturales y humanos (IPCC, 2014b). En este estudio, la transformación podría reflejar paradigmas, objetivos o valores reforzados, alterados o armonizados dirigidos a promover la adaptación en pro del desarrollo sostenible, en particular la reducción de la pobreza.

Vulnerabilidad: propensión o predisposición a ser afectado negativamente. La vulnerabilidad comprende una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación (IPCC, 2014b).

Anexo 2

Fuentes de información, por variable

Agua potable

País	Referencia
Belice	Alkire, S., U. Kanagaratnam y N. Suppa (2021), "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", <i>OPHI MPI Methodological Notes</i> N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/ .
Costa Rica	Alkire, S., U. Kanagaratnam y N. Suppa (2021), "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", <i>OPHI MPI Methodological Notes</i> N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/ .
El Salvador	Alkire, S., U. Kanagaratnam y N. Suppa (2021), "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", <i>OPHI MPI Methodological Notes</i> N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/ .
Honduras	Alkire, S., U. Kanagaratnam y N. Suppa (2021), "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", <i>OPHI MPI Methodological Notes</i> N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/ .
Guatemala	Alkire, S., U. Kanagaratnam y N. Suppa (2021), "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", <i>OPHI MPI Methodological Notes</i> N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/ .
Nicaragua	Alkire, S., U. Kanagaratnam y N. Suppa (2021), "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", <i>OPHI MPI Methodological Notes</i> N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/ .
Panamá	CANSH (Comité de Alto Nivel de Seguridad Hídrica) (2016), <i>Plan Nacional de Seguridad Hídrica 2015-2050: agua para todos</i> , Ciudad de Panamá, Panamá [en línea] https://www.undp.org/es/panama/publications/plan-nacional-de-seguridad-h%C3%ADrica-2015-2050-agua-para-todos [fecha de consulta: 9 de octubre de 2022]
República Dominicana	Alkire, S., U. Kanagaratnam y N. Suppa (2021), "The Global Multidimensional Poverty Index (MPI) 2021", <i>OPHI MPI Methodological Notes</i> N° 51, Oxford Poverty and Human Development Initiative, University of Oxford [en línea] https://ophi.org.uk/mpi-methodological-note-51/ .

Cobertura forestal

País	Referencia
Belice	Hansen, M.C. y otros (2022), "Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data", <i>Environmental Research Letters</i> , vol 17, N° 3 [en línea] https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec ; datos disponibles [en línea] https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3 .
Costa Rica	Hansen, M.C. y otros (2022), "Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data", <i>Environmental Research Letters</i> , vol 17, N° 3 [en línea] https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec ; datos disponibles [en línea] https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3 .
El Salvador	Hansen, M.C. y otros (2022), "Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data", <i>Environmental Research Letters</i> , vol 17, N° 3 [en línea] https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec ; datos disponibles [en línea] https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3 .
Guatemala	Hansen, M.C. y otros (2022), "Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data", <i>Environmental Research Letters</i> , vol 17, N° 3 [en línea] https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec ; datos disponibles [en línea] https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3 .

País	Referencia
Honduras	Hansen, M.C. y otros (2022), “Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data”, <i>Environmental Research Letters</i> , vol 17, N° 3 [en línea] https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec ; datos disponibles [en línea] https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3 .
Nicaragua	INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), <i>MapStore, Mapa de uso del suelo 2018</i> [en línea] https://servidormapas.ineter.gob.ni/mapstore/#/ [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
Panamá	Hansen, M.C. y otros (2022), “Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data”, <i>Environmental Research Letters</i> , vol 17, N° 3 [en línea] https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec ; datos disponibles [en línea] https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3 .
República Dominicana	Hansen, M.C. y otros (2022), “Global land use extent and dispersion within natural land cover using Landsat data”, <i>Environmental Research Letters</i> , vol 17, N° 3 [en línea] https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ac46ec ; datos disponibles [en línea] https://glad.earthengine.app/view/global-land-cover-land-use-v1#lon=0;lat=0;zoom=3 .

Datos climáticos

País	Referencia
Todos los países	Harris, I. y otros (2013), “Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset”, <i>International Journal of Climatology</i> 34 [en línea] https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.3711 . Fick, S.E. y R.J. Hijmans (2017), “WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land”, <i>International Journal of Climatology</i> , Royal Meteorological Society [en línea] https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.5086 . Swart y otros (2019), “CCCma CanESM5 model output prepared for CMIP6 ScenarioMIP. Versión 20190429”, Earth System Grid Federation [en línea] https://doi.org/10.22033/ESGF/CMIP6.1317 (escenarios futuros).

Huracanes

País	Referencia
Belice	Knapp, K. R. y otros (2018), <i>International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4</i> , NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552 [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]; Knapp, K. R. y otros (2010), “The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data”. <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> , N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
Costa Rica	Knapp, K. R. y otros (2018), <i>International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4</i> , NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552 [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]; Knapp, K. R. y otros (2010), “The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data”. <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> , N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
El Salvador	Knapp, K. R. y otros (2018), <i>International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4</i> , NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552 [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022];

País	Referencia
	Knapp, K. R. y otros (2010), "The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data". <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> , N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
Guatemala	Knapp, K. R. y otros (2018), <i>International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4</i> , NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552 [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]; Knapp, K. R. y otros (2010), "The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data". <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> , N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
Honduras	Knapp, K. R. y otros (2018), <i>International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4</i> , NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552 [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]; Knapp, K. R. y otros (2010), "The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data". <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> , N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
Nicaragua	Knapp, K. R. y otros (2018), <i>International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4</i> , NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552 [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]; Knapp, K. R. y otros (2010), "The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data". <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> , N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
Panamá	Knapp, K. R. y otros (2018), <i>International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4</i> , NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552 [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]; Knapp, K. R. y otros (2010), "The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data". <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> , N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].
República Dominicana	Knapp, K. R. y otros (2018), <i>International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS) Project, Version 4</i> , NOAA National Centers for Environmental Information [en línea] https://www.ncei.noaa.gov/access/metadata/landing-page/bin/iso?id=gov.noaa.ncdc:C01552 [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]; Knapp, K. R. y otros (2010), "The International Best Track Archive for Climate Stewardship (IBTrACS): Unifying tropical cyclone best track data". <i>Bulletin of the American Meteorological Society</i> , N° 91 [en línea] https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/91/3/2009bams2755_1.xml [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022].

Indicador de exposición a sequía

País	Referencia
Belize	Ambergris Today Online (2019), "Extended Draught Warning for Belize" [en línea] https://www.ambergristoday.com/news/2019/07/30/extended-draught-warning-belize .
Costa Rica	Soto, B. (2013), Las condiciones de sequía y estrategia de gestión en Costa Rica, Programa de gestión integrada de sequías, 2013 [en línea] https://www.droughtmanagement.info/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Costarica_2013.pdf [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
El Salvador	MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2018), <i>Catálogo Mapa Nacional de Riesgo Ambiental, en el marco del Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental</i> , San Salvador [en línea] https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/catalogo-mapa-nacional-de-riesgo-ambiental-en-el-marco-del-plan-nacional-de-prevencion-y-contingencia-ambiental/ [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
Guatemala	MCIV/INSIVUMEH (Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala/Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología) (2022), Sistema de Vigilancia de la sequía agrícola. índices de Sequía [base de datos en línea] http://svsa.insivumeh.gob.gt/mapas [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022]
Honduras	SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente) (2013), <i>Las condiciones de sequía y estrategias de gestión en Honduras</i> , 2013 [en línea] https://www.droughtmanagement.info/literature/UNW-DPC_NDMP_Country_Report_Honduras_2013.pdf .
Nicaragua	INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales) (2022), <i>MapStore, Mapa de riesgo de sequía</i> [en línea] https://servidormapas.ineter.gob.ni/mapstore/#!/viewer/openlayers/56 [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
Panamá	MiAmbiente/CNULD (Ministerio de Ambiente/ Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación) (2020), <i>Plan nacional de sequía para Panamá</i> , Ciudad de Panamá [en línea] https://www.unccd.int/sites/default/files/country_profile_documents/Plan%20Nacional%20contra%20la%20Sequia.pdf .
República Dominicana	PMA (Programa Mundial de Alimentos) (2017), <i>Análisis Integrado de Contexto (ICA): República Dominicana</i> , Santo Domingo, 2017 [en línea] https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000039498/download/ [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Inundaciones

País	Referencia
Belize	Trigg M. y A. Smith (2016), <i>CHaRIM Project, Belize National Flood Hazard Mapping Methodology and Validation Report (final version)</i> , SSBN Ltd & University of Bristol, as part of the ITC Consortium [en línea] https://pdf4pro.com/amp/view/charim-belize-national-flood-hazard-mapping-937e6.html .
Costa Rica	Brenes, A. (2016), <i>Informe Final: gestión del riesgo y vulnerabilidad en Costa Rica. Vigésimosegundo informe Estado de la Nación en desarrollo humano sostenible</i> , San José [en línea] https://docplayer.es/56072738-Vigesimosegundo-informe-estado-de-la-nacion-en-desarrollo-humano-sostenible-informe-final-gestion-del-riesgo-y-vulnerabilidad-en-costa-rica.html [fecha de consulta: 9 de octubre de 2022].
El Salvador	MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2018), <i>Catálogo Mapa Nacional de Riesgo Ambiental, en el marco del Plan Nacional de Prevención y Contingencia Ambiental</i> , San Salvador [en línea] https://cidoc.marn.gob.sv/documentos/catalogo-mapa-nacional-de-riesgo-ambiental-en-el-marco-del-plan-nacional-de-prevencion-y-contingencia-ambiental/ [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
Guatemala	MAGA/MCIV (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala/Ministerio de Comunicaciones, Infraestructura y Vivienda de Guatemala), <i>Estimación de amenazas inducidas por fenómenos hidro meteorológicas en la República de Guatemala</i> , Programa de Emergencia por Desastres Naturales (PEDN/MAGA) Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), Guatemala, 2002 [en línea] http://desastres.medicina.usac.edu.gt/documentos/docgt/pdf/spa/doc0069/doc0069.pdf . Se tomó el mapa de municipios priorizados según amenaza de inundación, considerando los registros de inundación y áreas inundables.

País	Referencia
Honduras	UNAH (Universidad Autónoma de Honduras (2012), <i>Atlas climático y gestión de riesgo en Honduras</i> [en línea] https://www.studocu.com/in/document/dharmasih-desai-university/dot-net/atlas-climatico-y-de-gestion-de-riesgo-de-honduras/23348341 [fecha de consulta: 11 de octubre de 2022].
Nicaragua	INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), MapStore, [en línea] https://servidormapas.ineter.gob.ni/mapstore/#/ [fecha de consulta: 11 de octubre de 2022]
Panamá	MiAmbiente/PNUD (Ministerio de Ambiente de Panamá/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2018), <i>Tercera Comunicación Nacional Sobre Cambio Climático Panamá</i> , Ciudad de Panamá [en línea] https://www.undp.org/es/panama/publicacions/tercera-comunicaci%C3%B3n-nacional-sobre-cambio-clim%C3%A1tico
República Dominicana	PMA (Programa Mundial de Alimentos) (2017), <i>Análisis Integrado de Contexto (ICA): República Dominicana</i> , Santo Domingo [en línea] https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000039498/download/?_ga=2.102664897.1102141775.1665943714-111110830.1665465959 [fecha de consulta: 12 de octubre de 2022].

Pobreza

País	Referencia
Belice	SIB (Statistical Institute of Belize) (2013), <i>Belize population and housing census: country report 2010</i> , Belmopan, Belize [en línea] https://sib.org.bz/publications/census-reports/ [fecha de consulta: 7 de octubre de 2022]
Costa Rica	INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) (2013), <i>Costa Rica: mapas de pobreza 2011</i> , San José, Costa Rica. [en línea] https://admin.inec.cr/sites/default/files/media/mepobrezacenso2011-01.pdf_2.pdf [fecha de consulta: 8 de octubre de 2022].
El Salvador	CCPDH (Consejo Centroamericano de Procuradores de Derechos Humanos) (2008), <i>Políticas públicas regionales sobre la reducción de la pobreza en Centroamérica y su incidencia en el pleno disfrute de los derechos humanos. Informe Nacional El Salvador</i> , [en línea] https://www.corteidh.or.cr/tablas/27141.pdf [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022].
Guatemala	INFORM (2022), <i>INFORM Risk Index 2023</i> , INFORM es una colaboración de la Inter-Agency Standing Committee Reference Group on Risk, Early Warning and Preparedness y la Comisión Europea, Centro Común de Investigación de la Comisión Europea [en línea] https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index/ .
Honduras	INFORM (2022), <i>INFORM Risk Index 2023</i> , INFORM es una colaboración de la Inter-Agency Standing Committee Reference Group on Risk, Early Warning and Preparedness y la Comisión Europea, Centro Común de Investigación de la Comisión Europea [en línea] https://drmkc.jrc.ec.europa.eu/inform-index/ .
Nicaragua	INIDE (Instituto Nacional de Investigación y Desarrollo) (2006), <i>Mapa de pobreza extrema municipal por el método de necesidades básicas insatisfechas (NBI)</i> [en línea] https://www.inide.gob.ni/docu/censos2005/CifrasMun/MapPobrezaM.pdf .
Panamá	MEF/BM (Ministerio de Economía y Finanzas/Banco Mundial) (2017), <i>Pobreza y desigualdad en Panamá: mapas a nivel de distritos y corregimientos: año 2015</i> [en línea] https://www.mef.gob.pa/wp-content/uploads/2020/12/Pobreza-y-desigualdad-en-Panamá-Mapas-a-nivel-de-Distritos-y-Corregimientos-2015.pdf [fecha de consulta: 10 de octubre de 2022].
República Dominicana	Morillo, A. (2014). Mapa de pobreza en la República Dominicana 2014. Ministerio de Economía, Planificación y Desarrollo (MEPyD). Consultado el 12 de octubre de 2022. [en línea] https://mepyd.gob.do/mepyd/wp-content/uploads/archivos/uaaes/mapa_pobreza/2014/Mapa%20de%20la%20pobreza%202014,%20informe%20general,%20editado%20final%20FINAL.pdf .

Red vial para construir la categoría de acceso

País	Referencia
Belice	Meerman J. y J. Clabaugh (2017), <i>Biodiversity and Environmental Resource Data System of Belize</i> , [en línea] http://www.biodiversity.bz/Belize_Roads_1909.zip y R. Hijmans (2022), <i>DIVA-GIS</i> , Universidad de California Davis, [en línea] DIVA-Gis https://www.diva-gis.org/gdata .
Costa Rica	Hijmans, R. (2022), <i>DIVA-GIS</i> , Universidad de California Davis, 2022 [en línea] https://biogeo.ucdavis.edu/data/diva/rds/CRI_rds.zip .
El Salvador	Hijmans, R. (2022), <i>DIVA-GIS</i> , Universidad de California Davis, 2022 [en línea] https://biogeo.ucdavis.edu/data/diva/rds/CRI_rds.zip .
Guatemala	SEGEPLAN (Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia) (2022), Sistema de Información Territorial (SINIT), Gobierno de Guatemala, [en línea] http://ide.segeplan.gob.gt/descargas.php .
Honduras	Hijmans, R. (2022), <i>DIVA-GIS</i> , Universidad de California Davis, 2022 [en línea] https://biogeo.ucdavis.edu/data/diva/rds/CRI_rds.zip .
Nicaragua	MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura) (2021), <i>Red vial de Nicaragua 2020</i> , División General de Planificación, División de Administración Vial [en línea] https://es.scribd.com/document/598229004/Red-Vial-de-Nicaragua-2020 .
Panamá	Hijmans, R. (2022), <i>DIVA-GIS</i> , Universidad de California Davis, 2022 [en línea] https://biogeo.ucdavis.edu/data/diva/rds/CRI_rds.zip .
República Dominicana	Hijmans, R. (2022), <i>DIVA-GIS</i> , Universidad de California Davis, 2022 [en línea] https://biogeo.ucdavis.edu/data/diva/rds/CRI_rds.zip .

Anexo 3

Los municipios más vulnerables en el escenario actual por país

País/municipio	índice de vulnerabilidad	índice de exposición	índice de capacidad adaptativa	índice de sensibilidad (1989-2018)
Belice	4,1	2,3	3,5	2,1
Corozal	7,4	3,8	3,8	3,6
Orange Walk	6,7	3,6	3,4	2,9
Belize	4,0	3	3,8	1,8
Cayo	2,4	2,2	3,4	1,4
Stann Creek	2,2	2,2	3,8	1,6
Toledo	2,0	1,8	3,0	1,4
Guatemala	2,9	1,9	3,9	3,0
El Jícaro	9,5	4,2	3,8	4,9
San Jacinto	9,3	3,8	3,2	4,9
San José La Arada	8,6	3,8	3,6	4,6
Usumatlán	8,2	4,2	4,4	4,2
Olopa	8,1	3,4	2,8	4,1
San Juan Ermita	8,0	3,4	3,2	4,4
San Luis Jilotepeque	8,0	3,4	3,6	4,8
Sanarate	7,8	3,8	4,2	4,4
Guastatoya	7,8	3,8	4,6	4,8
Melchor de Mencos	7,7	4	2,8	2,5
Huité	7,4	3,4	4,0	4,6
Quezaltepeque	7,4	3,4	3,6	4,2
San Antonio La Paz	7,3	3,6	4,2	4,3
Chiquimula	7,3	3,4	4,0	4,5
San José	7,1	3,6	2,6	2,5
Ocos	7,0	3,6	4,4	4,2
Estanzuela	7,0	3,4	4,8	5,0
San Diego	7,0	3,4	4,4	4,6
Sansare	6,9	3,4	4,2	4,3
Zacapa	6,6	3,2	4,4	4,6
El Salvador	2,5	1,8	3,8	2,6
El Triunfo	6,7	4,2	3,6	1,9
San José	6,3	3,6	2,6	1,7
San Carlos	5,9	3	2,2	2,1
Quezaltepeque	5,7	3,4	3,6	2,5
Meanguera del Golfo	5,7	3,4	4,4	3,3
Nueva Concepción	5,6	3	4,0	3,6
San Antonio Pajonal	4,9	2,2	3,8	4,3
Santa Rosa Guachipilín	4,9	2,2	3,8	4,3

País/municipio	índice de vulnerabilidad	índice de exposición	índice de capacidad adaptativa	índice de sensibilidad (1989-2018)
Jujutla	4,8	2,8	3,8	3,0
Bahía de Jiquilisco	4,7	3,4	4,6	2,5
Pasaquina	4,7	3,2	4,4	2,7
San Francisco Menéndez	4,6	2,8	3,8	2,8
Candelaria de la Frontera	4,6	2,2	3,8	4,0
Santiago de la Frontera	4,5	2,2	4,2	4,3
Quelepa	4,5	2,8	3,8	2,7
San Juan Nonualco	4,5	2,8	3,6	2,5
Santa Rita	4,4	2,8	3,0	1,8
La Unión	4,4	2,8	3,0	1,8
Masahuat	4,3	2,2	4,2	4,1
Yamabal	4,3	2,8	3,8	2,5
Honduras	2,8	1,9	3,8	2,7
Choluteca	8,4	4,2	3,6	3,6
Morolica	8,2	3,4	3,2	4,6
Marcovia	8,1	4,2	3,6	3,3
Nacaome	8,0	4,2	3,4	3,0
El Triunfo	7,9	4,2	3,6	3,1
Vado Ancho	7,9	3,4	3,2	4,3
Liure	7,9	3,4	3,2	4,3
Texiguat	7,7	3,4	3,2	4,1
Apacilagua	7,7	3,4	3,2	4,1
Yauyupe	7,6	3,4	3,2	4,0
Alauca	7,6	3,4	3,6	4,4
Alianza	7,5	4,2	3,4	2,5
Oropolí	7,5	3,4	3,6	4,3
Duyure	7,2	3,4	3,6	4,0
Santa Ana de Yusguare	7,2	3,4	3,6	4,0
San José	7,1	3,6	2,6	2,5
Soledad	7,1	3,4	3,2	3,5
Yuscarán	7,1	3,4	3,6	3,9
Orocuina	7,1	3,4	3,6	3,9
San Lucas	6,9	3,4	3,2	3,3
Nicaragua	4,3	2,4	3,7	3,1
Santa María	8,9	3,6	3,0	4,7
Somoto	8,9	3,6	3,0	4,7
Totogalpa	8,6	3,6	3,0	4,4
Yalagüina	8,5	3,6	3,4	4,7
Ocotal	8,4	3,6	3,8	5,0
Palacagüina	8,1	3,6	3,8	4,7
San José de Cusmapa	7,9	3,6	3,0	3,7

País/municipio	índice de vulnerabilidad	índice de exposición	índice de capacidad adaptativa	índice de sensibilidad (1989-2018)
Terrabona	7,8	3,6	3,6	4,2
Las Sabanas	7,8	3,6	3,0	3,6
Sébaco	7,7	3,6	4,0	4,5
Ciudad Darío	7,7	3,6	4,0	4,5
La Concordia	7,3	3,6	3,8	3,9
El Jicaral	7,3	3,6	4,2	4,3
San Juan de Limay	7,2	3,6	3,8	3,8
San Lucas	7,2	3,4	3,2	3,6
Estelí	7,2	3,6	4,6	4,6
Condega	7,1	3,6	4,2	4,1
Santa Rosa del Peñón	7,1	3,6	4,2	4,1
San Rafael del Sur	6,9	3,6	4,6	4,3
San Francisco Libre	6,9	3,6	4,6	4,3
Costa Rica	3,0	1,8	3,7	2,8
Pococí	7,8	3	2,2	4,0
Sarapiquí	6,7	2,6	2,2	3,7
San José	6,3	3,6	2,6	1,7
Desamparados	5,8	3,4	3,4	2,4
Nicoya	5,8	3,8	3,4	1,6
San Carlos	5,8	3	2,2	2,0
Upala	5,7	3,2	2,6	1,9
Guácimo	5,7	2,4	3,4	4,3
Puntarenas	5,7	3,4	2,6	1,5
Pérez Zeledón	5,5	3,4	3,0	1,7
Cartago	5,3	3,4	3,4	1,9
La Cruz	5,3	3,4	3,8	2,3
Buenos Aires	5,1	3,2	3,0	1,7
Curridabat	4,9	2,8	4,2	3,5
Alajuelita	4,8	2,8	3,4	2,6
Cañas	4,8	3,6	4,2	1,8
Guatuso	4,6	3	3,8	2,4
Siquirres	4,6	2	3,0	3,6
Golfito	4,5	2,8	3,0	1,9
Liberia	4,5	3	3,8	2,3
Panamá	2,6	1,8	3,7	2,7
San Carlos	5,5	3	2,2	1,7
Los Santos	4,9	3	4,6	3,5
Pocrí	4,6	2,8	4,6	3,6
Guararé	4,4	2,8	4,6	3,4
Pedasí	4,4	2,8	4,2	3,0
Las Tablas	4,4	2,8	4,2	3,0

País/municipio	índice de vulnerabilidad	índice de exposición	índice de capacidad adaptativa	índice de sensibilidad (1989-2018)
Chitré	4,2	3	5,0	3,2
Besikó	4,2	2,2	2,4	2,2
Calobre	4,2	2,8	3,6	2,2
Changuinola	3,8	2,2	2,2	1,6
Mironó	3,6	2,2	2,8	2,0
Aguadulce	3,6	3	4,8	2,4
Natá	3,6	2,8	4,4	2,4
Parita	3,6	3	5,0	2,6
Antón	3,6	2,8	4,4	2,4
Nole Duima	3,5	2,2	2,8	1,9
Tonosí	3,4	2,4	3,4	2,0
Cañazas	3,4	2,2	3,2	2,2
Kankintú	3,4	1,4	1,6	2,2
Capira	3,3	2,8	4,2	1,9
República Dominicana	4,7	2,7	4,3	3,6
Municipio Ji maní	7,9	3,4	3,4	4,5
Municipio San Pedro de Macorís	7,8	3,6	4,4	5,0
Municipio Tamayo	7,4	2,6	3,4	5,6
Municipio Oviedo	7,4	2,8	2,6	4,4
Municipio Monte Cristi	7,2	3,2	4,2	5,0
Municipio Guaymate	7,2	3,2	3,8	4,6
Municipio Quisqueya	7,2	3,4	4,0	4,4
Municipio Juan de Herrera	7,1	3,4	4,0	4,3
Municipio Peralta	7,1	3,2	3,4	4,1
Municipio Estefanía	7,0	3,4	3,8	4,0
Municipio Ramón Santana	7,0	3	3,6	4,6
Municipio Pedernales	6,9	2,6	2,6	4,3
Municipio Villa Hermosa	6,9	3,2	4,2	4,7
Municipio Nizao	6,9	3,6	5,0	4,7
Municipio Las Matas de Santa Cruz	6,8	2,8	3,8	5,0
Municipio Pueblo Viejo	6,8	3	4,2	5,0
Municipio Guayacanes	6,7	3,2	4,4	4,7
Municipio San Rafael del Yuma	6,6	3	3,8	4,4
Municipio La Descubierta	6,5	3,4	3,8	3,5
Municipio Baní	6,4	3,4	4,6	4,2
Total general	3,1	2,1	3,8	2,8

Anexo 4


Los municipios más vulnerables en el escenario pesimista (RCP8.5) por país en 2050

País/municipio	índice de vulnerabilidad	índice de exposición	índice de capacidad adaptativa	índice de sensibilidad 2050 RCP8.5
Belice	5,5	2,8	3,5	3,5
Corozal	8,1	3,8	3,8	4,3
Orange Walk	7,7	3,6	3,4	3,9
Belize	5,8	3	3,8	3,6
Cayo	4,0	2,2	3,4	3,0
Stann Creek	3,9	2,2	3,8	3,3
Toledo	3,3	1,8	3,0	2,7
Guatemala	3,1	1,9	3,9	3,3
El Jícaro	9,6	4,2	3,8	5,0
San Jacinto	9,3	3,8	3,2	4,9
Melchor de Mencos	9,0	4	2,8	3,8
Usumatlán	8,6	4,2	4,4	4,6
San José La Arada	8,5	3,8	3,6	4,5
Olopa	8,3	3,4	2,8	4,3
Sanarate	8,2	3,8	4,2	4,8
San José	8,1	3,6	2,6	3,5
San Juan Ermita	8,1	3,4	3,2	4,5
San Luis Jilotepeque	7,9	3,4	3,6	4,7
Guastatoya	7,8	3,8	4,6	4,8
Huité	7,7	3,4	4,0	4,9
San Antonio La Paz	7,5	3,6	4,2	4,5
Chiquimula	7,4	3,4	4,0	4,6
Ocos	7,4	3,6	4,4	4,6
Quezaltepeque	7,3	3,4	3,6	4,1
San Diego	7,1	3,4	4,4	4,7
Estanzuela	7,0	3,4	4,8	5,0
Sansare	6,9	3,4	4,2	4,3
Zacapa	6,8	3,2	4,4	4,8
El Salvador	3,3	1,8	3,8	3,4
El Triunfo	8,9	4,2	3,6	4,1
San José	8,1	3,6	2,6	3,5
San Carlos	7,9	3,0	2,2	4,1
Quezaltepeque	7,3	3,4	3,6	4,1
Nueva Concepción	6,6	3,0	4,0	4,6
Meanguera del Golfo	6,4	3,4	4,4	4,0
Quelepa	6,4	2,8	3,8	4,6

País/municipio	índice de vulnerabilidad	índice de exposición	índice de capacidad adaptativa	índice de sensibilidad 2050 RCP8.5
Yucuaiquín	6,4	2,8	3,6	4,4
Pasaquina	6,3	3,2	4,4	4,3
Sensembra	6,3	2,8	3,8	4,5
Jujutla	6,3	2,8	3,8	4,5
Lolotiquillo	6,2	2,8	3,8	4,4
San Juan Nonualco	6,2	2,8	3,6	4,2
Ozantlán	6,2	2,8	3,8	4,4
Yamabal	6,2	2,8	3,8	4,4
Mercedes Umaña	6,1	2,8	3,8	4,3
Osicala	6,1	2,8	3,8	4,3
Jiquilisco	6,1	3,4	4,6	3,9
Santa Rita	6,0	2,8	3,0	3,4
San Francisco Menéndez	6,0	2,8	3,8	4,2
Honduras	3,0	1,9	3,8	3,5
Choluteca	9,5	4,2	3,6	4,7
El Triunfo	9,4	4,2	3,6	4,6
Nacaome	9,3	4,2	3,4	4,3
Marcovia	9,1	4,2	3,6	4,3
Alianza	8,9	4,2	3,4	3,9
Morolica	8,2	3,4	3,2	4,6
Liure	7,9	3,4	3,2	4,3
Apacilagua	7,9	3,4	3,2	4,3
San Francisco de Coray	7,9	3,4	3,0	4,1
Namasigue	7,9	3,4	3,6	4,7
Santa Ana de Yusguare	7,9	3,4	3,6	4,7
Concepción de María	7,9	3,4	3,6	4,7
San José	7,9	3,6	2,6	3,3
Langue	7,8	3,4	3,0	4,0
Vado Ancho	7,8	3,4	3,2	4,2
Texiguat	7,8	3,4	3,2	4,2
Pespire	7,6	3,4	3,6	4,4
Aramecina	7,5	3,6	3,4	3,7
Orocuina	7,5	3,4	3,6	4,3
Soledad	7,5	3,4	3,2	3,9
Nicaragua	5,3	2,4	3,7	4,1
Santa María	8,8	3,6	3,0	4,5
Somoto	8,5	3,6	3,0	4,3
Terrabona	8,4	3,6	3,6	4,8
Totogalpa	8,2	3,6	3,0	4,0
Yalagüina	8,1	3,6	3,4	4,3
Ciudad Darío	8,1	3,6	4,0	4,9

País/municipio	índice de vulnerabilidad	índice de exposición	índice de capacidad adaptativa	índice de sensibilidad 2050 RCP8.5
Ocotal	8,1	3,6	3,8	4,7
El Jicaral	8,0	3,6	4,2	5,0
San José de Cusmapa	7,9	3,6	3,0	3,7
Palacagüina	7,7	3,6	3,8	4,3
Sébaco	7,7	3,6	4,0	4,5
León	7,6	3,6	4,6	4,6
Santa Rosa del Peñón	7,6	3,6	4,2	4,6
Tipitapa	7,6	3,6	4,6	5,0
Ciudad Sandino	7,6	3,6	4,6	5,0
San Juan de Limay	7,6	3,6	3,8	4,2
San Rafael del Sur	7,6	3,6	4,6	5,0
San Francisco Libre	7,5	3,6	4,6	4,9
Mateare	7,5	3,6	4,6	4,9
Buenos Aires	7,4	3,2	3,0	4,0
Costa Rica	3,0	1,8	3,7	3,2
Nicoya	7,8	3,8	3,4	3,6
Puntarenas	7,3	3,4	2,6	3,1
Upala	7,0	3,2	2,6	3,2
La Cruz	6,7	3,4	3,8	3,7
Cañas	6,7	3,6	4,2	3,7
San Carlos	6,7	3,0	2,2	2,9
Pococí	6,5	3,0	2,2	2,7
San José	6,3	3,6	2,6	1,7
Desamparados	6,3	3,4	3,4	2,9
Pérez Zeledón	6,1	3,4	3,0	2,3
Liberia	6,0	3,0	3,8	3,8
Buenos Aires	5,9	3,2	3,0	2,5
Carrillo	5,8	2,8	3,8	4,0
Los Chiles	5,8	3,0	3,8	3,6
Guatuso	5,7	3,0	3,8	3,5
Cartago	5,7	3,4	3,4	2,3
Sarapiquí	5,6	2,6	2,2	2,6
Bagaces	5,6	2,8	3,8	3,8
Golfito	5,2	2,8	3,0	2,6
Parrita	5,2	3,2	4,2	3,0
Panamá	3,0	1,8	3,7	3,2
San Carlos	7,1	3,0	2,2	3,3
Los Santos	5,9	3,0	4,6	4,5
Las Tablas	5,6	2,8	4,2	4,2
Calobre	5,5	2,8	3,6	3,5
Pedasí	5,5	2,8	4,2	4,1

País/municipio	índice de vulnerabilidad	índice de exposición	índice de capacidad adaptativa	índice de sensibilidad 2050 RCP8.5
Pocrí	5,4	2,8	4,6	4,4
Guararé	5,4	2,8	4,6	4,4
Aguadulce	5,4	3,0	4,8	4,2
Chitré	5,3	3,0	5,0	4,3
Antón	5,2	2,8	4,4	4,0
Parita	5,2	3,0	5,0	4,2
Natá	5,2	2,8	4,4	4,0
San Miguelito	5,0	3,4	4,6	2,8
Besikó	4,9	2,2	2,4	2,9
Tonosí	4,8	2,4	3,4	3,4
Ñürüm	4,8	2,2	2,4	2,8
Capira	4,7	2,8	4,2	3,3
Müna	4,7	2,2	2,4	2,7
Arraiján	4,7	3,4	5,0	2,9
Cañazas	4,7	2,2	3,2	3,5
República Dominicana	5,2	2,7	4,3	4,0
Municipio Ji maní	7,9	3,4	3,4	4,5
Municipio Quisqueya	7,8	3,4	4,0	5,0
Municipio San Pedro de Macorís	7,7	3,6	4,4	4,9
Municipio Guaymate	7,6	3,2	3,8	5,0
Municipio Los Llanos	7,2	3,2	4,0	4,8
Municipio Oviedo	7,2	2,8	2,6	4,2
Municipio Monte Cristi	7,1	3,2	4,2	4,9
Municipio Ramón Santana	7,1	3,0	3,6	4,7
Municipio Guayacanes	6,9	3,2	4,4	4,9
Municipio Nizao	6,9	3,6	5,0	4,7
Municipio Villa Hermosa	6,9	3,2	4,2	4,7
Municipio Juan de Herrera	6,9	3,4	4,0	4,1
Municipio San Rafael del Yuma	6,9	3,0	3,8	4,7
Municipio Las Matas de Santa Cruz	6,8	2,8	3,8	5,0
Municipio Licey al Medio	6,8	3,4	5,0	5,0
Municipio Pueblo Viejo	6,8	3,0	4,2	5,0
Municipio Higüey	6,7	3,0	4,2	4,9
Municipio El Seibo	6,6	3,0	3,8	4,4
Municipio La Descubierta	6,6	3,4	3,8	3,6
Municipio Consuelo	6,6	3,0	4,4	5,0
Total general	3,8	2,1	3,8	3,6



Esta publicación es un producto del programa de trabajo conjunto entre la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y los ministerios de agricultura de los países miembros del Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA), y coordinado con su Secretaría Ejecutiva (SECAC) y su Grupo técnico de cambio climático y gestión integral de riesgos.

Este documento es el resultado de identificar los diferentes niveles de vulnerabilidad del sector agrícola al cambio climático a nivel municipal para los países de la región SICA con la metodología del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). La construcción de mapas de vulnerabilidad de la actividad agrícola es un insumo para aplicar y medir el efecto de las políticas de adaptación al cambio climático.

CEPAL

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC)
www.cepal.org