

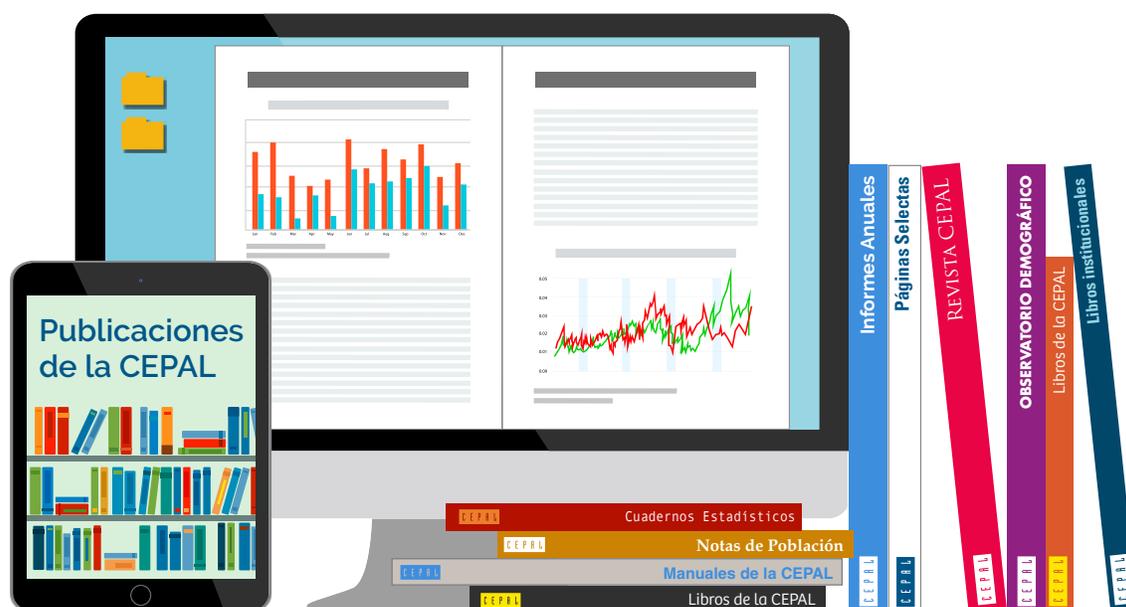


# CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN CENTROAMÉRICA Y LA REPÚBLICA DOMINICANA

## PROPUESTAS METODOLÓGICAS



# 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

CEPAL

[www.cepal.org/es/suscripciones](http://www.cepal.org/es/suscripciones)



[facebook.com/publicacionesdelacepal](https://facebook.com/publicacionesdelacepal)

**Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional  
en Centroamérica y la República Dominicana**

**Propuestas metodológicas**

Esta publicación fue coordinada por la Sede Subregional de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) en México, y se preparó mediante el trabajo conjunto de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), el Programa de Investigación sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria del Consultative Group for International Agricultural Research (CGIAR/CCAFS), el Programa de Sistemas de Información para la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) (PROGRESAN) y el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), como parte de la tercera fase de la iniciativa de La economía del cambio climático en Centroamérica y la República Dominicana (ECC CARD). La fase III de la iniciativa ECC CARD también contó con la participación de instituciones nacionales y de la integración regional en los sectores de salud, agricultura y energía, con financiamiento de la CEPAL y del proyecto RG-X1107 del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Fondo Nórdico de Desarrollo (NDF, por sus siglas en inglés). El documento se gestionó con los Ministerios de Agricultura del SICA, su Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC), su Secretaría Ejecutiva y su Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo (GTCCGIR).

La supervisión de este documento estuvo a cargo de Julie Lennox, coordinadora de la iniciativa, con el apoyo de Roxana H. Valladares, asistente de gestión. La elaboración y coordinación estuvo a cargo de Jaime Olivares y Diana Ramírez, funcionarios de la Unidad de Desarrollo Agrícola y Cambio Climático de la CEPAL en México, con el apoyo de Andreina Pappalardo y Patricia Quintanilla, ambas pasantes de investigación. También se contó con la colaboración de las siguientes instituciones: por la sección de la FAO, Tito Díaz, coordinador subregional de la FAO para Mesoamérica; Israel Ríos, oficial de nutrición de la FAO para América Latina y el Caribe; Óscar Rojas, Oficial de Recursos Naturales y Agrometeorología de la FAO; Lucio Santos, Oficial Forestal de la FAO y Coordinador REED+LAC; Yerania Sánchez, del Centro de Inversiones de la FAO; Mariana Estrada y Rosana Martín, ambas especialistas en comunicación de la FAO. Por la sección del CGIAR/CCAFS, Laura Cramer (ILRI), Sophia Huyer, Angela Lavado (CIAT), Ana María Loboguerrero (CIAT), Deissy Martínez-Barón (CIAT), Mary Nyasimi, Timothy Thomas (IFPRI), Philip Thornton (ILRI), Jacob van Etten (Biodiversity) y Mark van Wijk (Biodiversity). Por la sección de PROGRESAN-SICA, Ricardo Sibrián. Por la sección del INCAP, Carolina Siu y Wilton Pérez, con apoyo técnico de Leopoldo Espinoza, Norma Alfaro, Ana Victoria Román, Humberto Méndez, Manolo Mazariegos, Rocío Castañón, Vivi Tomas, Anselmo Aburto (q.e.p.d), Gustavo Arroyo, Pilar López, Rudy Guzmán y Mireya Palmieri. Y por parte del BID, Omar Samayoa, Especialista de la División de Cambio Climático, y María Fernanda Alva, Oficial Administrativa. La edición del documento estuvo a cargo de Ramón Cota y Rebeca Gerardo-Tavira. La diagramación del documento, soporte gráfico y la elaboración de su portada estuvieron a cargo del personal de la Unidad de Servicios Editoriales y de Conferencias (USEC) de la Sede Subregional.

#### Referencia sugerida:

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), NDF (Fondo Nórdico de Desarrollo), BID (Banco Interamericano de Desarrollo), FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), CGIAR/CCAFS (Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria), PROGRESAN (Programa de Sistemas de Información para la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la Región SICA) e INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá) (2018), *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y la República Dominicana: Propuestas metodológicas*, LC/MEX/TS.2018/19, Ciudad de México.

Las opiniones expresadas en este documento son de exclusiva responsabilidad de los autores y pueden no coincidir con las de la CEPAL y de las instituciones socias del documento.

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

El formato de números de signo en decimales y en miles corresponde a la edición de la CEPAL: comas para decimales y puntos en texto y espacio en cuadros y gráficos para miles.

El término *dólares* se refiere a la moneda de los Estados Unidos.

---

Publicación de las Naciones Unidas

LC/MEX/TS.2018/19

Distribución Limitada

Copyright © Naciones Unidas, septiembre de 2018 • Todos los derechos reservados

Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México • 2018-027

---

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

Diseño de portada: Andrea Jiménez. Adaptación a cargo de Jorge Ronzón • Sede Subregional de la CEPAL en México.



# CAMBIO CLIMÁTICO Y SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL EN CENTROAMÉRICA Y LA REPÚBLICA DOMINICANA

## PROPUESTAS METODOLÓGICAS





# ÍNDICE

<b>Mensajes clave</b> .....	9
<b>Resumen Ejecutivo</b> .....	17
<b>Introducción</b> .....	19
<b>I. Relación entre el cambio climático y las dimensiones de la seguridad alimentaria y nutricional</b> .....	21
A. Efectos del cambio climático en los componentes de la seguridad alimentaria y nutricional .....	22
1. Disponibilidad .....	22
2. Acceso .....	26
3. Utilización .....	29
4. Estabilidad .....	32
B. Sistema alimentario y nutricional y emisión de gases de efecto invernadero .....	34
1. Impactos del sistema alimentario y nutricional sobre el cambio climático .....	35
2. Actividades de preproducción .....	36
3. Actividades de producción .....	36
4. Actividades de postproducción .....	41
<b>II. Propuestas metodológicas para estimar los impactos potenciales del cambio climático en la seguridad alimentaria y nutricional</b> .....	45
A. Revisión bibliográfica .....	45
B. Métodos propuestos por la FAO .....	50
1. La FAO, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) .....	50
2. La medición de la SAN .....	52
3. Los impactos del cambio climático en la SAN y las metodologías para su análisis .....	53
C. Métodos propuestos por CGIAR-CCAFS .....	60
1. Hacia las métricas de seguridad alimentaria y nutricional .....	62
2. Metodología 1: escenarios de Alimentos y Nutrición .....	64
3. Metodología 2: modelación de sistemas alimentarios regionales y nacionales .....	68
4. Metodología 3: caja de herramientas de género .....	75
5. Metodología 4: encuestas y bases de datos como herramientas para conocer y monitorear el estado del sector agropecuario .....	79
6. IMPACTlite, plataforma de modelación integrada de sistemas mixtos de cultivos y animales .....	83
7. Metodología 5: Territorios sostenibles adaptados al clima (TeSAC) .....	85
D. Métodos propuestos por el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) .....	90
1. Impacto sobre la nutrición .....	90
2. El estado de los excesos nutricionales en un contexto de cambio climático .....	94

3. Análisis del impacto del cambio climático sobre la nutrición .....	95
4. Efectos en la inseguridad alimentaria y nutricional.....	97
5. Efectos en la disponibilidad, diversidad de alimentos, consumo y utilización biológica.....	98
6. Efecto en la calidad y cantidad del agua .....	98
7. Efectos en los océanos .....	99
E. Monitoreo y evaluación de impactos potenciales de las variaciones climáticas en la seguridad alimentaria y nutricional: elementos de una propuesta metodológica de PROGRESAN .....	99
1. Marco analítico-conceptual.....	99
2. Metodologías y enfoques analíticos .....	99
F. Evaluación de impactos potenciales del cambio climático en la seguridad alimentaria y nutricional: áreas de estudio de la CEPAL .....	102
I. La economía del cambio climático y la SAN .....	102
2. Biodiversidad.....	105
3. Recursos hídricos .....	107
4. Aridez .....	111
5. Eventos extremos .....	115
6. Impactos potenciales del cambio climático en granos básicos y café .....	118
7. Impactos potenciales del cambio climático en los niveles de pobreza: una exploración metodológica.....	124
<b>Bibliografía</b> .....	135
<b>Abreviaturas y acrónimos</b> .....	149

## CUADROS

Cuadro I.1	Centroamérica: indigencia y pobreza urbana, últimas encuestas, escenarios Base y A2, 2050.....	28
Cuadro I.2	Mundo: estimaciones de la contribución de las diferentes etapas de la cadena alimentaria a las emisiones globales de GEI.....	36
Cuadro I.3	Centroamérica y la República Dominicana: emisiones de GEI, varios años .....	37
Cuadro I.4	Centroamérica y la República Dominicana: emisiones totales de GEI del sector agropecuario.....	39
Cuadro I.5	Centroamérica y la República Dominicana: emisiones por cambio del uso de la tierra y silvicultura (CUTS) .....	40
Cuadro II.1	Factores biofísicos, económicos y secundarios del impacto del cambio climático en la producción de alimentos.....	47
Cuadro II.2	Resumen de las características de los principales modelos agrícolas .....	48
Cuadro II.3	Indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) bajo custodia de la FAO.....	51
Cuadro II.4	Centroamérica: definición de los escenarios para cada factor de cambio, a 2050 .....	66
Cuadro II.5	Centroamérica y la República Dominicana: pérdidas económicas causadas por los principales desastres, varios años .....	115

Cuadro II.6	Guatemala: estimación exploratoria de la población urbana en situación de pobreza, 2013-2050 .....	126
Cuadro II.7	Honduras: estimación exploratoria de la población rural en situación de pobreza, 2013-2050 .....	127

## GRÁFICOS

Gráfico I.1	Centroamérica: distribución de las importaciones de productos ligados a la SAN, 1995-2014.....	25
Gráfico I.2	Centroamérica y la República Dominicana: fenómenos hidrometeorológicos, 1956-2009.....	33
Gráfico I.3	América Latina y el Caribe: fuentes de emisión de algunos cultivos agrícolas, 2006-2010.....	40
Gráfico I.4	Regiones del mundo: emisiones de GEI estimadas por kg de leche corregida de grasas y proteínas a nivel finca, 2010 .....	42
Gráfico I.5	Mundo: emisiones de GEI por transporte y producción de comida de la finca al minorista .....	43
Gráfico II.1	Centroamérica: calorías diarias disponibles por habitante, 2020-2050.....	67
Gráfico II.2	Centroamérica: demanda de alimentos por producto indexado a la demanda, por habitante, 2010 .....	67
Gráfico II.3	América Latina y el Caribe: cambios de rendimiento bajo escenario de cambio climático para cultivos seleccionados, resultados del modelo IMPACT, 2010-2050 .....	72
Gráfico II.4	Centroamérica y América del Sur: cambios de población en riesgo de hambre bajo escenarios de cambio climático, resultados modelo IMPACT, 2010-2050.....	72
Gráfico II.5	Centroamérica y el Caribe: prevalencia de desnutrición crónica, 2030 y 2050.....	93
Gráfico II.6	Centroamérica: prevalencia de sobrepeso y obesidad en niños menores de cinco años, 1990-2020 .....	95
Gráfico II.7	Guatemala: subalimentación y déficit de energía alimentaria por municipios, 2012-2013 .....	101
Gráfico II.8	Centroamérica: disponibilidad de agua por habitante en 2005 y con escenarios Base, B2 y A2 en 2100.....	110
Gráfico II.9	Centroamérica: evolución de la demanda de agua con escenarios Base, B2 y A2, 2000-2100 .....	111
Gráfico II.10	Ilopango, El Salvador: número de eventos que sobrepasan umbrales, 1971-2011.....	117
Gráfico II.11	Ilopango, El Salvador: precipitación acumulada en 24 horas, 1970-2011.....	118
Gráfico II.12	Centroamérica: rendimiento de maíz ante variaciones en temperatura y precipitación, 2001-2009.....	120
Gráfico 13	Guatemala: estimación exploratoria de la población urbana adicional en situación de pobreza con cambio climático, con relación al escenario Base, B2 y A2, 2020-2050 .....	126
Gráfico II.14	Honduras: estimación exploratoria de la población rural adicional en situación de pobreza con cambio climático con relación al escenario Base, B2 y A2, 2020-2050 .....	127

**DIAGRAMAS**

Diagrama I.1	Impactos y consecuencias del cambio climático sobre la seguridad alimentaria y nutricional.....	22
Diagrama II.1	Escala de seguridad alimentaria basada en experiencias.....	53
Diagrama II.2	Impactos del cambio climático por dimensiones de la seguridad alimentaria y nutricional.....	54
Diagrama II.3	La metodología MOSAICC .....	56
Diagrama II.4	Descripción de los pasos para calcular el porcentaje de área agrícola afectada por sequías (ASI).....	59
Diagrama II.5	Impactos del cambio climático sobre el sistema alimentario y nutricional .....	61
Diagrama II.6	Componentes de un TeSAC .....	86
Diagrama II.7	Opciones de ASAC que se pueden implementar en los TesAC.....	88
Diagrama II.8	Colombia: frentes de acción del TeSAC de los cerrillos en Cauca.....	89
Diagrama II.9	Proceso de priorización de opciones de ASAC en el TeSAC.....	90
Diagrama II.10	Análisis del impacto del cambio climático en la nutrición humana.....	96
Diagrama II.11	Relación del estudio de la economía del cambio climático y la SAN.....	104
Diagrama II.12	Análisis de la trayectoria de la disponibilidad y el uso del agua.....	108

**IMÁGENES**

Imagen 1	La nueva llamada de los ODS frente al cambio climático.....	10
----------	---	----

**MAPAS**

Mapa II.1	Centroamérica: evolución del índice de biodiversidad potencial, 2005, escenarios Base y con cambio climático (B2 y A2) en 2100 .....	107
Mapa II.2	Centroamérica: índice de aridez por departamento, escenario B2 y A2, cortes a 2100.....	113
Mapa II.3	Centroamérica: rendimiento de maíz por departamento, escenario A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100 .....	121
Mapa II.4	Centroamérica: rendimiento del café por departamentos, escenario A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100 .....	123

**RECUADROS**

Recuadro I.1	Herramienta del compendio de métodos y herramientas de la UNFCCC sobre impactos en el sector agrícola.....	49
Recuadro II.1	Descripción de la metodología para estimar la desnutrición en escenarios de cambio climático.....	94
Recuadro II.2	Descripción de la metodología de la rueda de futuro .....	96

## MENSAJES CLAVE

El Consejo de Ministros de CAC declaró en agosto de 2015 un estado de alerta agropecuaria ante el período irregular de lluvias y la ocurrencia del fenómeno de El Niño con el fin de atender la emergencia y emprender acciones de mediano y largo plazo con el sentido de adaptación al cambio climático, encargando un plan de acción a la Secretaría Ejecutiva del Consejo Agropecuario Centroamericano (SE-CAC) y a sus grupos técnicos, con el acompañamiento del Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA); el Programa de investigación sobre cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CCAFS-CIAT); la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL); la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO); el Programa Mundial de Alimentos (PMA); el Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), y la Organización del Sector Pesquero y Acuícola del Istmo Centroamericano (OSPESCA), entre otros. En septiembre de 2015 el Consejo de Ministros se comprometió a impulsar una agricultura climáticamente inteligente como una opción para aumentar la productividad agropecuaria, pesquera, acuícola y forestal, reconociendo al sector como un bien público regional y apoyando su adaptación al cambio climático con el fin de mejorar la seguridad alimentaria y nutricional (SAN).

Esta llamada a la agricultura y a la SAN, adaptadas al cambio climático, se enmarca en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, aprobada en 2015 por la Asamblea General de las Naciones Unidas, que incluye a todos los países del SICA y que entró en vigor de manera oficial el 1° de enero de 2016. Esta agenda consiste en 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y 169 metas que buscan orientar los esfuerzos para alcanzar el desarrollo sostenible y reducir las desigualdades de todo tipo, y generar un marco para la garantía de los derechos humanos de todos. En este lapso los países han estado implementando medidas para alcanzar estos objetivos para 2030.

El cambio climático está socavando la SAN, manteniendo a las personas en trampas de pobreza e inequidad y amenazando los recursos forestales, hídricos, la biodiversidad, el saneamiento y la calidad del agua. Es por ello por lo que los resultados del Acuerdo de París están estrechamente relacionados con los objetivos de lograr el hambre cero, la agricultura sostenible, salud y bienestar, y agua limpia (ODS 2, 3 y 6). De igual manera, los ODS relativos a la energía, crecimiento económico, empleo, industria e infraestructura, sociedades y ciudades resilientes y biodiversidad (ODS 7, 8, 9, 11 y 15) implican múltiples medidas que contribuirán a una transformación hacia soluciones bajas en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). También otros ODS están relacionados con los componentes de disponibilidad (ODS 9 y 12), acceso (ODS 1, 5, 8 y 10), utilización biológica (ODS 3, 6 y 12) y estabilidad (ODS 8, 11, 13 y 16).

**IMAGEN I**  
**LA NUEVA LLAMADA DE LOS ODS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO**




**Fuente:** Naciones Unidas [en línea]

Véase: [en línea] <<http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>>.

En julio de 2015 se llevó a cabo una reunión de expertos sobre retos y oportunidades para la SAN en los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) organizada conjuntamente por la SE-CAC, la CEPAL, la FAO y el Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica (PRESANCA). Uno de sus objetivos fue identificar potenciales líneas de acción para fortalecer la SAN en esta región. También se tomó como referente el Plan SAN CELAC 2025 dentro del contexto de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC). Al respecto, este grupo de expertos recomendó explicitar una línea de trabajo sobre seguridad alimentaria y nutricional y cambio climático y dar continuidad a un espacio regional de trabajo sobre este reto. Dado que este grupo de expertos tuvo un carácter *ad-hoc*, sin representación formal institucional, se acordó que cada participante podría hacer las gestiones que considerara apropiadas para su canalización hacia instancias representativas nacionales y regionales.

Con base en las recomendaciones de esta reunión y en el marco de su programa de trabajo, la SE-CAC y la CEPAL prepararon una propuesta de trabajo sobre la SAN y el riesgo y el cambio climático que presentaron al Comité Técnico Regional (CTR) de la iniciativa de la Economía del Cambio Climático en Centroamérica y la República Dominicana (ECC CARD) en su reunión de septiembre de 2015 realizada en San Salvador. El CTR aprobó dicha propuesta que consiste en desarrollar propuestas metodológicas y análisis iniciales sobre los impactos potenciales del cambio climático en las diferentes dimensiones de la SAN y en la cadena de actividades que constituye el sistema agroalimentario de los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA). La propuesta incluyó realizar una reunión presencial de diálogo para discutir dichas propuestas y proponer líneas de acción sobre la SAN y el cambio climático. Dicha reunión contó con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Fondo Nórdico del Desarrollo (NDF) en el marco del proyecto Rg-X1107 que apoyó a la fase III de la ECC CARD.

Este documento es el resultado de la recopilación de las propuestas metodológicas de las instituciones regionales que participaron en esta iniciativa. Estas propuestas permitirían hacer una estrategia más integral para lograr una SAN de la población que tome en cuenta todas las partes del sistema alimentario frente al riesgo y el cambio climático. La relación entre SAN y el cambio climático

no debe limitarse a los riesgos ambientales de la producción de cultivos, sino que debe incluir el análisis de vulnerabilidad de toda la cadena considerando la producción, distribución, acceso y consumo de alimentos suficientes, inocuos y de buena calidad.

El punto de partida del análisis de la relación entre cambio climático y SAN son los efectos biofísicos y socioeconómicos de los cambios en el clima sobre la producción y productividad agropecuarias, incluyendo los impactos negativos en el transporte y comercio en general. Al inicio de la cadena, el aumento del nivel de dióxido de carbono en la atmósfera, así como los cambios en los niveles de temperatura y precipitación alteran el desarrollo y el ciclo de los cultivos. Los suelos pueden ser impactados en sus condiciones de humedad y nivel de nutrientes antes y durante el crecimiento de los cultivos. En la etapa de poscosecha, el cambio climático puede afectar las condiciones de almacenamiento y distribución de alimentos (FAO, 2016a) encareciendo su llegada al consumidor final.

Por lo general, el 80% de la población rural depende de la producción agrícola, por lo que cambios en los niveles de producción y productividad tienen importantes efectos socioeconómicos por varias vías. Por un lado, disminuye el ingreso y el empleo de las familias rurales, y por el otro, aumenta el precio de los alimentos. Las familias rurales se ven severamente 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. Ante esto, las familias se ven orilladas a consumir alimentos poco nutritivos, a tener una dieta poco variada, y a migrar a las ciudades. Para las economías nacionales estos cambios se traducen en mayor dependencia de las importaciones de alimentos y en déficit de la balanza comercial. Se estima que en 2050 el precio del arroz, maíz y trigo aumentarían de 5% a 25% como respuesta a los efectos del cambio climático (Thomson y Fanzo, 2015).

El sistema alimentario y nutricional contribuye a la degradación ambiental y a la pérdida de la biodiversidad (Satia, 2010), debido principalmente a la industrialización de los métodos de producción, cuyas técnicas de cultivo, uso de fertilizantes industriales y aumento de tierra cultivable a costa de los bosques, degrada el ambiente y afecta la biodiversidad. La agricultura industrializada concentra el 65% de la tierra cultivable mundial (FAO, 2014). El sistema alimentario y nutricional afecta el medio ambiente dado que, por una parte, la mayoría de las actividades agropecuarias emite gases de efecto invernadero (GEI), y por la otra, algunas prácticas favorecen el almacenamiento de carbono en la biomasa de las plantas y el suelo; los sistemas agroforestales tienen un efecto neto de secuestro de carbono.

Los GEI emitidos por las actividades agropecuarias son dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) (25% de las emisiones totales si se incluye la deforestación, las emisiones agrícolas y del sector pecuario y el manejo del suelo), metano ( $\text{CH}_4$ ) (50% de las emisiones por el cultivo de arroz y la ganadería) y dióxido de nitrógeno ( $\text{N}_2\text{O}$ ) de los fertilizantes (75% del total mundial). Estas emisiones han estado creciendo, en especial con el cambio de dietas y el incremento en el consumo de carne y productos lácteos (Vermeulen, Challinor e Ingram, 2012).

Mediciones como la huella de carbono (HC) de los productos alimentarios indican la cantidad de GEI emitidos por unidades de producción durante el ciclo de vida de productos determinados a lo largo de la cadena de producción, incluyendo a veces su consumo, recuperación y eliminación (Frohmann y otros, 2015). Varios países han implementado o anunciado iniciativas públicas o privadas de etiquetado de HC que informan a los consumidores de la cantidad de emisiones de  $\text{CO}_2$  liberadas en el proceso de producción, transporte o eliminación de los productos. Vermeulen, Challinor e Ingram (2012) estiman que los sistemas alimentarios aportan entre el 19% y el 29% del total de las emisiones de GEI globales. De este porcentaje, la producción agrícola aporta entre el 80%

y el 86%, mientras que el resto proviene de actividades de preproducción (principalmente de la fabricación de fertilizantes) y las de posproducción (procesamiento, envasado, refrigeración, transporte, venta al por menor y eliminación de residuos, entre otras).

Estas iniciativas sobre la HC en las etiquetas de los productos pueden representar una oportunidad para los países del SICA que tienen productos con HC más baja que en otras regiones como, por ejemplo, el brócoli de Guatemala, además de ser de una estrategia de mitigación y de mejor nutrición. Sumado a lo anterior, el combate a la reducción de los GEI también ayudaría a alcanzar la SAN pues el cambio climático impacta sus cuatro dimensiones. Diversos investigadores han diseñado métodos para evaluar los efectos de este fenómeno en los componentes de la SAN, pero hasta ahora no se han estimado sus efectos en toda la SAN considerando los escenarios futuros de cambio climático.

La magnitud del impacto del cambio climático en la SAN es objeto de debate, ya que no se pueden hacer predicciones certeras de la frecuencia e intensidad de los eventos climatológicos y de los cambios regionales en los patrones de temperatura y precipitación. La variabilidad temporal y espacial del clima es fuente de incertidumbre, por lo que no existe todavía un marco de análisis exhaustivo y aceptado para conocer sus vínculos con la SAN en todas sus dimensiones (UNFCCC, 2015).

La mayoría de los estudios sobre las relaciones entre el cambio climático y la SAN se centran en una sola dimensión, principalmente en la producción y disponibilidad de alimentos, no en toda la cadena alimentaria y nutricional, lo que requiere un enfoque multidisciplinario. Más específicamente, la mayor parte de los esfuerzos de investigación, entre ellos el Quinto Reporte del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), se enfocan en los impactos del cambio climático en la productividad y el rendimiento agropecuarios (disponibilidad de alimentos) utilizando modelos específicos de cultivo (Campbell y otros, 2014).

Aunque hayan sido desarrolladas numerosas herramientas que integran diferentes modelos para analizar el impacto del cambio climático en la SAN, hace falta elegir una metodología orientada a conocer los impactos en todas las dimensiones de la SAN y capaz de representar de manera coherente las principales relaciones causales del sistema alimentario y nutricional de forma comprensiva y dinámica. Por esta razón se convocó a las instituciones regionales del Grupo Interagencial de Apoyo del CAC para dar una serie de propuestas de análisis de la SAN y cambio climático que puedan ser aplicados en los países del SICA y poder hacer mejores políticas públicas de adaptación. Las instituciones participantes fueron la CEPAL, la FAO, el Programa de investigación del Consultative Group for International Agricultural Research en cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria (CGIAR/CCAFS), el Programa de Sistemas de Información para la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región SICA (PROGRESAN), y el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).

Hay cinco ODS vinculados al mandato de la FAO: ayudar a eliminar el hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición en todas sus formas; hacer que la agricultura, la actividad forestal y la pesca sean más sostenibles y productivas; reducir la pobreza rural; propiciar sistemas agrícolas y alimentarios inclusivos y eficientes; e incrementar la resiliencia de los medios de vida ante las amenazas y crisis. La FAO cuenta además con herramientas para evaluar los impactos de riesgos climáticos en diferentes escalas geográficas y ámbitos de los sistemas alimentarios, a partir de datos históricos e información geoespacial en tiempo real.

- a) Sistema de modelización de los impactos del cambio climático en la agricultura (MOSAICC). Está diseñado para ejecutar evaluaciones interdisciplinarias del impacto del cambio

climático en la agricultura a través de simulaciones. Su aplicación permite una mejor integración de la información científica en el diseño de proyectos de desarrollo agrícola y en la toma de decisiones o formulación de políticas del sector.

- b) Evaluación de los impactos del cambio climático y mapeo de la vulnerabilidad a la inseguridad alimentaria (AMICAF). Es una evaluación multidisciplinaria de los cuatro componentes principales de la SAN, enfocada en los impactos del cambio climático y la planificación para la adaptación. Apoya a tomadores de decisiones en planificación estratégica e inversiones.
- c) Análisis y medición del índice de resiliencia (RIMA II). Con este método se estima cuantitativamente la resiliencia de las familias a la inseguridad alimentaria, considerando los cuatro componentes. Ha sido validado como buen predictor de la seguridad alimentaria en muchos estudios de caso.
- d) Hadley Global Environment Model. Es una herramienta para modelar la distribución de las razas ganaderas en diferentes condiciones climáticas, por lo que puede hacer proyecciones del impacto del cambio climático.
- e) Sistemas nacionales de monitoreo forestal (Reducción de las Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+)). Se trata de una metodología de evaluación del riesgo climático por las emisiones asociadas a la deforestación o degradación de los bosques, de acuerdo con las orientaciones de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y las buenas prácticas del IPCC. Uno de los resultados por obtener con REDD+ es la estimación de las emisiones de GEI asociadas a la deforestación futura (nivel de referencia forestal-FRL) a partir de datos históricos de pérdida de cobertura forestal y de estudios de las causas y agentes que la generan.
- f) Sistema de monitoreo de la sequía agrícola (Sistema del Índice de Estrés Agrícola, ASIS, por sus siglas en inglés). Mide la severidad de las sequías en la agricultura con variables que inciden en la disponibilidad y estabilidad, utilizando datos satelitales para detectar puntos calientes donde los cultivos pueden ser afectados por sequía.

Métodos propuestos por CGIAR-CCAFS. Sus objetivos son alcanzar la SAN y mejorar los medios de vida de las poblaciones y la gestión ambiental, enfrentando las amenazas adicionales impuestas por el cambio climático. El programa pone énfasis en la identificación y prueba de prácticas de adaptación y mitigación, tecnologías y políticas de los sistemas alimentarios, capacidades de adaptación y medios de vida rurales.

- a) Escenarios de alimentos y nutrición. Esta metodología considera los factores clave respecto al cambio climático, SAN y ambiente. Tales factores son caracterizados de acuerdo con sus condiciones presentes y se evalúan según las diferentes combinaciones con el propósito de identificar cuán diversos y plausibles pueden llegar a ser los escenarios considerando su nivel de incertidumbre. La metodología combina análisis cualitativos y cuantitativos. Proporcionan algo más que escenarios regionales futuros, dan información razonable sobre posibles afectaciones de la región por fuerzas fuera de su control como los mercados globales y el cambio climático.
- b) Modelación de sistemas alimentarios regionales y nacionales. Se refiere al Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), que es una plataforma modular que integra modelos climáticos, hidrológicos, de cultivos, de cadenas de valor, de uso de suelo, y de nutrición, salud y bienestar, tanto a escala global como regional. IMPACT genera información sobre área cosechada, rendimiento, producción, cantidad consumida, cantidad de alimento para

consumo del ganado, cantidad utilizada para la producción de biocombustibles, precios y comercio neto de cada producto agropecuario por país y por año (hasta 2050). IMPACT brinda indicadores de la SAN como tasa de desnutrición infantil, promedio de consumo de calorías y población en riesgo de hambre.

- c) Caja de herramientas de género. Facilita la investigación con enfoque de género, socialmente más incluyente y relevante para hombres y mujeres. Como resultados de esta herramienta se obtienen análisis de datos que, en conjunto, explican cómo mujeres y hombres se adaptan al cambio climático y fortalecen su seguridad alimentaria (Jost y otros, 2014).
- d) Encuestas y bases de datos como herramientas para conocer y monitorear el estado del sector agropecuario. Esta metodología se enfoca en la recopilación de información básica para analizar y comprender las dinámicas agropecuarias y diseñar su planificación a futuro, incluyendo la SAN. La propuesta es usar la Encuesta de Indicadores Múltiples de Hogares Rurales (RHoMIS, por sus siglas en inglés), que está diseñada para caracterizar de manera rápida un conjunto de indicadores estandarizados del sistema alimentario y nutricional (productividad, seguridad alimentaria, nutrición, comercio, entre otros), y la Plataforma de Modelación de Sistemas Mixtos de Cultivos y Animales (IMPACTlite, por sus siglas en inglés), que permite capturar información de diferentes actividades agropecuarias y caracterizar los principales sistemas de producción.
- e) Territorios sostenibles adaptados al clima (TeSAC). Es un espacio para generar evidencia significativa y sistemática de la eficiencia de la Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (ASAC) mediante pruebas y evaluaciones de sus prácticas tecnológicas, sociales, institucionales, financieras, de cadenas de valor y políticas innovadoras e integradas en escenarios de la vida real. Estos territorios sirven como puente para escalar e implementar las diferentes opciones de la ASAC que hayan demostrado una contribución a la seguridad alimentaria, así como a la adaptación y mitigación al cambio climático.

Métodos propuestos por el INCAP. El campo de trabajo de esta institución es principalmente la nutrición. El INCAP presentó un trabajo hecho por la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre escenarios de cambio climático y una propuesta propia sobre el impacto en todo el sistema.

- a) Desnutrición en escenarios de cambio climático (WHO, 2014). La OMS realizó análisis de disponibilidad calórica a nivel nacional en los que se proyectan cifras para el período 2030-2050 considerando dos escenarios, uno con cambio climático y otro sin cambio climático. En el análisis se toma en cuenta la situación socioeconómica de 32 países que concentran el 90% de la desnutrición crónica infantil. La OMS calcula la distribución de alimentos en los países y con las proyecciones de calorías estimó la proporción de la población que estaría subnutrida en cada escenario.
- b) Rueda de futuro. Es adecuada para organizar procesos de lluvia de ideas donde las relaciones de causa y efecto son analizadas en su carácter temporal y con visión de futuro. Un grupo de actores clave explora, organiza y clarifica tales relaciones, distinguiendo las influencias primarias, secundarias, terciarias y así sucesivamente. La flexibilidad y fortaleza de la metodología es que no solo predice un escenario futuro, sino que busca diferentes escenarios y potenciales redes de causalidad.

Métodos propuestos por PROGRESAN. Los temas de la SAN y el cambio climático son analizados con el enfoque de resiliencia o capacidad de los medios de vida de resistir, absorber, adaptarse y recuperarse a impactos como los eventos extremos. La institución enlistó una serie de metodologías que considera pertinentes y que tienen un enfoque de resiliencia. Algunas son:

- a) El modelo analítico conceptual de la Clasificación Integrada en Fases (CIF) de la Seguridad Alimentaria (Socios CIF, 2012) es la guía para el análisis de los factores asociados a las variaciones climáticas sobre la SAN con base en cuatro modelos integrados: modelo de riesgos y vulnerabilidades, modelo de capitales, modelo de pilares de la SAN y modelo de nutrición del Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF).
- b) Los modelos analíticos Resilience Index Measurement and Analysis, versiones RIMA I y RIMA II (FAO, 2012 y 2015) permiten estimar con enfoques econométricos los efectos de eventos (*shocks*), entre ellos los de las variaciones climáticas.
- c) Los modelos de proyección de necesidades alimentarias (PRESANCA II-PRESISAN, 2012a) permiten conocer el impacto de políticas agropecuarias, precios de alimentos y nutrientes en el consumidor a mediano y largo plazos (PRESANCA II-PRESISAN, 2015) en función de la dinámica demográfica y las brechas que los sectores productivos, comerciales e industriales deben superar dentro de la economía regional.

Métodos propuestos por la CEPAL. Los trabajos buscan contribuir a la generación de conocimiento medible que sea útil para diseñar políticas públicas que fomenten la adaptación incluyente y sostenible al cambio climático, con énfasis en la transición a economías ambientalmente sostenibles, bajas en emisiones de GEI. El tema principal de estos estudios ha sido estimar los impactos futuros del cambio climático en la región, en escenarios simulados que extrapolan las tendencias y la variabilidad de la temperatura y la precipitación, su impacto en los eventos extremos, recursos hídricos, servicios ecosistémicos, energía hidroeléctrica, agricultura, cambio de uso de suelo y SAN, y más recientemente se han incorporado los temas de políticas fiscales e inversión. Todos estos modelos tienen un grado de incertidumbre y se recomienda observarlos como tendencia y no como datos puntuales.

- a) Biodiversidad. Enfoque basado en el Índice de Biodiversidad Potencial (IBP) que estima la mayor probabilidad de encontrar más biodiversidad usando las variables de superficie total, superficie de ecosistemas, latitud, curvas de nivel, temperatura, precipitación y disponibilidad de agua. El modelo estima el IBP para 2100 y distintos cortes de tiempo en escenarios de cambio climático.
- b) Recursos hídricos. Se analiza la disponibilidad con escenarios climáticos y la demanda de agua con escenarios climáticos, económicos y demográficos, sin y con cambio climático a 2100 y distintos cortes de tiempo.
- c) Aridez. El índice de aridez (IA) expresa la relación insumo-pérdida de humedad, y es utilizado para delimitar las zonas climáticas por su sequedad. El modelo estima el IA para 2100 y distintos cortes de tiempo en escenarios de cambio climático.
- d) Eventos extremos. En la literatura se estima un rango de variación entre el 4% y el 12% de incremento en la intensidad de inundaciones, tormentas tropicales y huracanes. Sin embargo, de acuerdo con los modelos de clima, la intensidad de estos eventos está en función de varios factores que siguen patrones no lineales, difíciles de cuantificar en escenarios de emisiones de GEI. Frente a esta incertidumbre el proyecto supuso aumentos en los costos por la ocurrencia de estos fenómenos de 5% como escenario B2 y de 10% como A2, con la misma frecuencia de eventos y sin medidas de adaptación. El modelo estima proyecciones a 2100.
- e) Granos básicos y café. Se trabaja con un enfoque de funciones de producción que se basa en establecer una relación entre el nivel de producción o el de rendimiento y los factores que lo determinan, principalmente insumos, precios, tecnología y ambiente (Segerson y Dixon, 1999). Al incluir variables climáticas, la función de producción permite simular los efectos

de los cambios de la temperatura y la precipitación en los rendimientos. El objetivo es obtener coeficientes que midan los efectos de la temperatura, la precipitación y las variables geográficas, económicas y sociales sobre el rendimiento.

- f) Pobreza. El crecimiento del PIB puede incidir en la reducción de la pobreza, pero es insuficiente para alcanzar ese objetivo. La hipótesis central del estudio es que el PIB total y el PIB agropecuario por habitante son un canal de transmisión de los impactos del cambio climático sobre la pobreza y la indigencia. Del estudio *La economía del cambio climático en Centroamérica* se tomaron los costos acumulados como porcentaje del PIB total y los escenarios de PIB total y agropecuario a 2050. Se supuso un impacto lineal del cambio climático sobre el PIB en los costos y se aplicó el porcentaje de los costos en una misma proporción de manera anual a los escenarios de PIB, que a su vez se utilizó en la ecuación de pobreza e indigencia estimada (CEPAL, 2015). Esta vía de análisis tiene una serie de supuestos y acotaciones.

Todas estas propuestas fueron presentadas en una reunión de expertos para discutir líneas de acción. A la reunión asistieron representantes de instituciones nacionales de SAN y las instituciones regionales que hicieron sus propuestas además del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) y el IICA.

Se evidenció que hay una gran oferta de metodologías trabajadas desde las instituciones nacionales y regionales que han concentrado su trabajo en la parte productiva y en los requerimientos y brechas nutricionales. Se observa que parte de la oferta de metodologías está más orientada a condiciones sin cambio climático. No obstante, se deben tener estimaciones de esta situación inicial para después desarrollar métodos que evalúen impactos potenciales del cambio climático sobre los componentes de la SAN. Se identificó que existen metodologías para temas particulares, pero no están interrelacionadas para el análisis de la SAN. En la región se ha trabajado una gran variedad de métodos, desde los que trabajan con productores en el campo hasta los que buscan reunir datos para todo el sistema alimentario.

Entre las líneas de acción que se acordaron están ordenar el estado del arte con el levantamiento de un inventario o fichas técnicas estandarizada para comparar y priorizar metodologías y tener una visión integradora, aumentar la diversidad de herramientas, fortalecer las capacidades de los cuadros técnicos de las instituciones nacionales, y definir las prioridades para la aplicación de las metodologías, entre otros.

Algunas recomendaciones para la política de la SAN son incorporar los temas de SAN y cambio climático en la agenda pública, incorporar los métodos propuestos en las buenas prácticas de los países, incidir en las decisiones del consumidor e informar sobre el valor nutricional en la salud, formar a los meteorólogos con ayuda de las instituciones, incluir en la agenda de adaptación el tema de inversión pública en la infraestructura agrícola frente al cambio climático, y crear una red científico-técnica para la SAN y la acción climática, entre otros.

## RESUMEN EJECUTIVO

El cambio climático está socavando la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), manteniendo a las personas en trampas de pobreza e inequidad y amenazando los recursos forestales, hídricos, la biodiversidad, el saneamiento y la calidad del agua. Se han identificado impactos de la variabilidad climática y el cambio climático en la región SICA sobre sectores específicos y se han elaborado recomendaciones para la adaptación, así como planes de emergencia frente a eventos extremos, pero no se ha cuantificado el impacto del cambio climático en la SAN de forma íntegra y para todo el sistema agroalimentario. Esto es esencial para diseñar mejores políticas públicas que aseguren la SAN de la población identificando los puntos más vulnerables en cada país y prevenir o reducir los impactos climáticos.

El objetivo del presente documento es reunir el trabajo de estas instituciones y colaborar en el análisis de la SAN y el cambio climático y dar recomendaciones en forma conjunta. Otro objetivo es identificar los sectores del sistema agroalimentario con poco o nulo análisis y reforzarlo. Y finalmente, ayudar a que la población se vea lo menos impactada posible por el cambio climático en sus esfuerzos por alcanzar la SAN en sus cuatro componentes con el uso de las metodologías propuestas. Con este trabajo se busca alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de Hambre cero, Acción por el clima y Alianzas para lograr los objetivos (ODS 2, 13 y 17), además de otros ODS que se relacionan con los componentes de la SAN. Este documento presenta la relación de la SAN y el cambio climático tanto en su impacto como en su participación en las emisiones, se enlistan las metodologías de análisis y de respuesta propuestas por las instituciones regionales y las conclusiones y recomendaciones para las instituciones nacionales que trabajan estos temas. Las instituciones participantes son la CEPAL, la FAO, el CGIAR/CCAFS, el PROGRESAN-SICA y el INCAP, con comentarios y apoyo del BID, el CAC, el CATIE, el IICA y la SIECA.



## INTRODUCCIÓN

**E**l cambio climático está socavando la seguridad alimentaria y nutricional (SAN), manteniendo a las personas en trampas de pobreza e inequidad y amenazando los recursos forestales, hídricos, la biodiversidad, el saneamiento y la calidad del agua. Los resultados del Acuerdo de París están estrechamente relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de lograr el hambre cero, agricultura sostenible, salud y bienestar, y agua limpia (ODS 2, 3, 6). De igual manera, los ODS relativos a la energía, crecimiento económico, empleo, industria e infraestructura, sociedades y ciudades resilientes y biodiversidad (ODS 7, 8, 9, 11 y 15) implican múltiples medidas que contribuirán a una transformación hacia soluciones bajas en emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). También otros ODS están relacionados con los componentes de disponibilidad (ODS 9 y 12), acceso (ODS 1, 5, 8 y 10), utilización biológica (ODS 3, 6 y 12) y estabilidad (ODS 8, 11, 13 y 16).

En julio de 2015 se llevó a cabo una reunión de expertos sobre retos y oportunidades para la Seguridad Alimentaria y Nutricional en los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) organizada conjuntamente por la Secretaría Ejecutiva del Consejo Agropecuario Centroamericano (SE-CAC), la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), la Organización para la Alimentación y la Agricultura de Naciones Unidas (FAO) y el Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica (PRESANCA). Uno de sus objetivos fue identificar potenciales líneas de acción para fortalecer la Seguridad Alimentaria y Nutricional en esta región. También se tomó como referente el PLAN SAN CELAC 2025 dentro del contexto de la Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños (CELAC). Al respecto, este grupo de expertos recomendó explicitar una línea de trabajo sobre Seguridad Alimentaria y Nutricional y cambio climático y dar continuidad a un espacio regional de trabajo sobre este reto.

Con base en las recomendaciones de esta reunión y en el marco de su programa de trabajo, la SE-CAC y la CEPAL prepararon una propuesta de trabajo sobre la SAN, el riesgo y el cambio climático. Esta propuesta fue presentada al Comité Técnico Regional (CTR) de la iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica y la República Dominicana (ECC CARD) en su reunión de septiembre de 2015 realizada en San Salvador. El CTR aprobó dicha propuesta que consiste en desarrollar propuestas metodológicas y análisis iniciales sobre los impactos potenciales del cambio climático en las diferentes dimensiones de la SAN y en la cadena de actividades que constituye el sistema agroalimentario de los países SICA. La propuesta incluyó realizar una reunión presencial de diálogo para discutir dichas propuestas y proponer líneas de acción sobre la SAN y el cambio climático. Dicha reunión contó con el apoyo financiero del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Fondo Nórdico de Desarrollo (NDF) en el marco del proyecto Rg-X1107 que apoyó a la fase III de la ECC CARD.

En este marco es que se presenta este documento que convocó a las instituciones del Grupo Interagencial de Apoyo (GIA) para participar en la preparación de propuestas metodológicas para estimar los impactos potenciales del cambio climático sobre la SAN y que generen información apropiada para la toma de decisiones. Las instituciones participantes son el Programa de Sistemas de Información para la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región SICA (PROGRESAN), el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP), el Programa sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria del Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CCAFS/CIAT), el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Este documento pretende sumar y coordinar los esfuerzos de las instituciones para emitir recomendaciones en conjunto con la visión de cada una de ellas, con el fin de obtener mejores resultados frente al cambio climático e identificar los mayores riesgos.

Así, en el primer capítulo se presenta la relación del cambio climático y las dimensiones de la SAN que incluye un análisis de cómo el sistema alimentario puede impactar en la emisión de gases de efecto invernadero. En el segundo capítulo se presentan las propuestas metodológicas de las instituciones regionales que analizan y miden los impactos potenciales del cambio climático y el riesgo climático sobre la SAN. Finalmente, se brindan las conclusiones y recomendaciones para la agenda de trabajo con el CAC, que fueron discutidas por el grupo de instituciones regionales y nacionales que trabajan el tema de SAN en la reunión de expertos del CAC.

# I. RELACIÓN ENTRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LAS DIMENSIONES DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

La Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) no se limita a la disponibilidad de alimentos, sino que comprende todas las actividades involucradas en la cadena de producción, distribución, acceso y consumo de alimentos suficientes, inocuos y de buena calidad. Por tanto, la relación entre SAN y el cambio climático no debe limitarse a los riesgos ambientales de la producción de cultivos, sino que debe incluir el análisis de vulnerabilidad de toda la cadena. A continuación se identifican y examinan los desafíos, riesgos y oportunidades en toda la cadena.

El cambio climático se expresa a través de diversos cambios en las variables climáticas, que están generando efectos económicos, sociales y ambientales significativos (FAO, 2016a). Tales efectos impactan a todos los componentes del sistema alimentario y nutricional y todas las dimensiones de la SAN, por ejemplo, la productividad agrícola, que afecta directamente los medios de vida de la población (véase el diagrama I.1) (Palmieri y otros, 2015).

De acuerdo con el Global Nutrition Report 2015, la función principal del sistema alimentario y nutricional es lograr la disponibilidad y asequibilidad de los alimentos (cantidad), la diversidad del consumo de alimentos (calidad), la nutrición y salud de la población y la sostenibilidad ambiental. El sistema alimentario y nutricional puede contribuir a eliminar la desnutrición y la mala alimentación de las poblaciones de los países en desarrollo mediante el uso eficiente de la tierra y el agua.

Los sistemas alimentarios y nutricionales son cada día más globales en las redes de producción, consumo y gobernabilidad. La SAN se ha convertido en el resultado de actividades, procesos y factores del sistema alimentario y nutricional que operan desde el nivel doméstico hasta el internacional, y que se ven afectados por las preferencias, hábitos y posibilidades alimentarias de las familias. Un par de ejemplos son el consumo de alimentos de bajo precio que son ricos en calorías, pero pobres en nutrientes (Popkin y Gordon-Larsen, 2004; Popkin, Adair y Ng, 2012) y los estilos de vida sedentarios que están provocando sobrepeso, obesidad y aumento de enfermedades cardiovasculares, diabetes, hipertensión y algunos tipos de cáncer (Lee y otros, 2012).

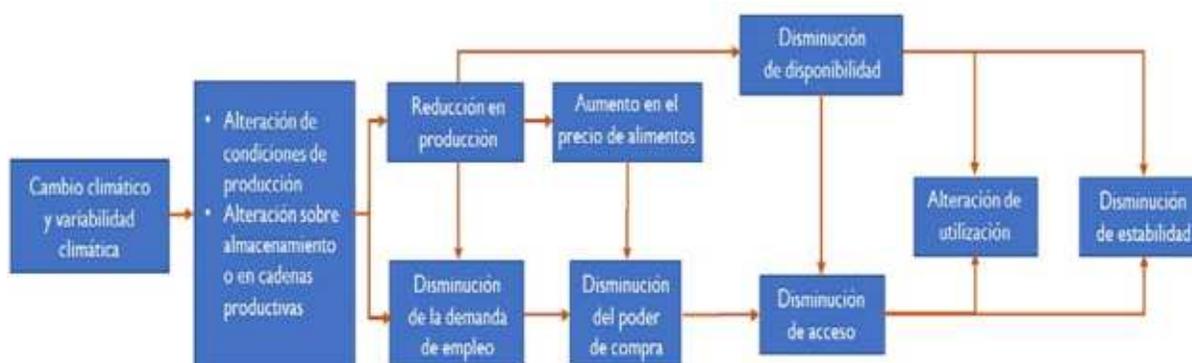
No obstante, el sistema alimentario y nutricional contribuye a la degradación ambiental y a la pérdida de biodiversidad (Satia, 2010) debido principalmente a la industrialización de los métodos de producción, cuyas técnicas de cultivo, uso de fertilizantes industriales y aumento de tierra cultivable a costa de los bosques, degradan el ambiente y afectan la biodiversidad. Como referencia, la agricultura industrializada concentra el 65% de la tierra cultivable mundial (FAO, 2014).

El punto de partida del análisis de la relación entre cambio climático y SAN son los efectos biofísicos y socioeconómicos de los cambios en el clima sobre la producción y productividad agropecuarias, incluyendo los impactos negativos en el transporte y comercio en general. Al inicio de

la cadena, el aumento del nivel de dióxido de carbono en la atmósfera, así como los cambios en los niveles de temperatura y precipitación alteran el desarrollo y el ciclo de los cultivos. Las condiciones de humedad y nivel de nutrientes de los suelos pueden verse afectados antes y durante el crecimiento de los cultivos. En la etapa de poscosecha, el cambio climático puede afectar las condiciones de almacenamiento y distribución de alimentos, lo que encarece su llegada al consumidor final (FAO, 2016c).

Por lo general, el 80% de la población rural depende de la producción agrícola, por lo que cambios en los niveles de producción y productividad tienen importantes efectos socioeconómicos por varias vías. Por un lado, disminuye el ingreso y el empleo de las familias rurales, y por el otro, aumenta el precio de los alimentos. Las familias rurales se ven severamente 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. Ante esto, las familias se ven orilladas a consumir alimentos poco nutritivos, a tener una dieta poco variada, y a migrar a las ciudades. Para las economías nacionales estos cambios se traducen en mayor dependencia de las importaciones de alimentos y en déficit de la balanza comercial. Se estima que en 2050 el precio del arroz, maíz y trigo aumentará de 5% a 25% como respuesta a los efectos del cambio climático (Thomson y Fanzo, 2015).

**DIAGRAMA I.1**  
**IMPACTOS Y CONSECUENCIAS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE**  
**LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL**



Fuente: Elaboración propia.

## A. EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS COMPONENTES DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

### I. Disponibilidad

La disponibilidad se refiere a la oferta, es decir, a la capacidad del sistema alimentario para satisfacer la demanda. La oferta incluye el nivel de producción, el nivel de existencias y el comercio neto de alimentos. Los niveles de disponibilidad están estrechamente relacionados con las condiciones agroclimáticas y los factores socioeconómicos y culturales que influyen en los mercados (Schmidhuber y Tubiello, 2007).

El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) prevé una reducción general de la producción agrícola, así como de la disponibilidad de agua de uso agrícola y consumo humano en muchas partes del mundo a consecuencia del cambio

climático. Con un nivel de confianza medio en sus proyecciones, el IPCC (2014) estima que el aumento de la temperatura afectará negativamente la producción de los cultivos básicos para el consumo humano (trigo, arroz y maíz) en mayor medida en las regiones tropicales y templadas, y que la variabilidad interanual del rendimiento de los cultivos en muchas regiones aumentará. Algunos modelos predicen una mayor evapotranspiración y menores niveles de humedad del suelo en las zonas menos húmedas, lo que ocasionará que algunas áreas se vuelvan inadecuadas para la agricultura. Asimismo, el aumento de la temperatura multiplicará los daños de las plagas agrícolas y aumentará su capacidad para sobrevivir el invierno y atacar los cultivos de primavera (Schmidhuber y Tubiello, 2007).

La previsión de las tendencias de la temperatura es útil para determinar los impactos del cambio climático en los rendimientos agrícolas (IPCC, 2014). Las proyecciones de los impactos varían dependiendo de los cultivos, las regiones y los escenarios considerados. Diversos estudios han documentado la sensibilidad negativa de los rendimientos de los cultivos a temperaturas diurnas alrededor de los 30 °C. Este hecho ha sido identificado con un alto nivel de confianza en varios cultivos, regiones y fases de crecimiento de las plantas. De acuerdo con el IPCC, el 10% de las proyecciones de rendimientos agrícolas para el período 2030-2049 prevén ganancias superiores al 10%, mientras que otro 10% prevé pérdidas mayores al 25% en comparación con los rendimientos de fines del siglo XX. Después de 2050, el riesgo de impactos más severos aumentará en los países de baja latitud, mientras que en las latitudes septentrionales podría haber efectos positivos y negativos.

Un estudio reciente sobre Centroamérica basado en el modelo Decision Support for Agro-Technology Transfer (DSSAT) prevé disminuciones en la producción de frijol del 12% hacia 2020 y del 19% hacia 2050 en El Salvador, Nicaragua, Honduras y Guatemala en el escenario A2. La producción de maíz en esos mismos países disminuiría entre el 4% y el 21% en 2050, dependiendo de la disponibilidad y retención del agua en suelos. El mismo estudio encontró que la producción de maíz en Guatemala podría resultar menos afectada en un rango entre un aumento del 0,4% y una reducción del 11% (CIAT, CRS y CIMMYT, 2012). Otro estudio basado en el mismo modelo, con cuatro modelos de circulación general en el escenario A2, sobre siete departamentos de Honduras, estima una reducción del 4% en los rendimientos de maíz y del 11% en los de frijol hacia 2025, y del 12% en maíz y el 32% en frijol hacia 2050 (Medeiros y McCandless, 2011).

Un estudio del proyecto Coffee Under Pressure, coordinado por el CIAT, analizó la distribución de aptitudes de las áreas cafetaleras de El Salvador, Guatemala, Nicaragua y México, y encontró que, en general, la aptitud decrecería notablemente hacia 2050. De acuerdo con este estudio, el aumento de la temperatura disminuiría la aptitud de producción de las variedades de café arábica en las zonas de baja altitud, y la producción sería desplazada a altitudes mayores, 1.600 msnm en comparación con los 1.200 msnm en la actualidad. El estudio también aporta información valiosa sobre zonas aptas para el cultivo de café en departamentos específicos (CIAT, 2012a, 2012b, 2012c y 2012d).

En el marco del programa de trabajo del Grupo Técnico de cambio climático y gestión integral de riesgo del Consejo Agropecuario Centroamericana (CAC) con la CEPAL se llevó a cabo un análisis sobre los impactos potenciales del cambio climático en los rendimientos de los granos básicos (CEPAL y CAC/SICA, 2013) y otro sobre el café (CEPAL y CAC/SICA, 2014) en 95 unidades geográficas subnacionales (departamentos, provincias, distritos y comarcas de la región) con el período base de 2000-2009, considerando los escenarios B2 y A2 del IPCC. De acuerdo con estas proyecciones, en el escenario A2 el rendimiento del maíz empezaría a disminuir en la década de 2020, bajando hasta un 35% a final de siglo en toda la región si no se toman medidas de adaptación. Los porcentajes de

disminución variarían entre los países, desde el 22% en Guatemala hasta el 45% en Nicaragua. Las zonas con mayores rendimientos serían las del Altiplano Occidental Guatemalteco, a reserva de estimar los costos y beneficios de aumentar la producción y de las medidas de adaptación en esa zona.

El maíz ocupa la mayor superficie sembrada y es el grano de mayor volumen de producción en Centroamérica; crece mejor bajo temperaturas moderadas y suministro abundante de agua. La planta de frijol es muy sensible a condiciones como la falta y el exceso de humedad. Las estimaciones en el escenario A2 arrojan una evolución decreciente de su rendimiento, sobre todo en Panamá, Nicaragua y Belice. Hacia fines del siglo, los rendimientos disminuirían un 43% en la región, y las pérdidas irían desde el 17% en Guatemala hasta el 71% en Panamá. Las zonas de mayor rendimiento serían algunos departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco y Jinotega en Nicaragua.

Para el cultivo de arroz la precipitación es crítica porque la planta requiere agua abundante durante todo el ciclo. Por lo general, los bajos rendimientos de arroz se deben a la falta de humedad y a la poca fertilidad del suelo. Su producción podría ser severamente afectada en Nicaragua a corto plazo, y en Belice, El Salvador y Honduras, a mediados del presente siglo. Hacia finales del siglo, los rendimientos a nivel regional disminuirían en 50% y las pérdidas se concentrarían en Guatemala (42%) y Nicaragua (69%) si no se toman medidas de adaptación. Los mayores niveles de rendimientos serían los de algunos departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco y de El Salvador.

También se debe considerar el efecto del cambio climático sobre los pastos en suelos semiáridos y áridos, donde la productividad ganadera disminuiría y la mortalidad del ganado aumentaría (Schmidhuber y Tubiello, 2007).

Otro cambio importante para la agricultura es el aumento de las concentraciones atmosféricas de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) y de ozono troposférico (O<sub>3</sub>). Desde la publicación del cuarto reporte del IPCC (AR4), la evidencia confirma efectos estimulantes del CO<sub>2</sub> y efectos perjudiciales del aumento del O<sub>3</sub> en los rendimientos de los cultivos, con un nivel de confianza alto. Ahora bien, la evidencia empírica indica que las interacciones entre estos gases, la temperatura, el agua y el nitrógeno no son lineales y son difíciles de predecir (IPCC, 2014).

Por una parte, se espera que los cambios del clima y el aumento de concentración de CO<sub>2</sub>, que reduciría la eficacia de algunos herbicidas, cambiarán la distribución y cantidad de malezas, plagas y enfermedades. Por otra parte, mayores concentraciones de este gas podrían tener un efecto positivo en muchos cultivos al mejorar la acumulación de biomasa dependiendo del tipo de manejo y del tipo de cultivo. Algunos tipos de cereales y forrajes desarrollan menores concentraciones de proteína bajo condiciones elevadas de CO<sub>2</sub> (Schmidhuber y Tubiello, 2007).

El cambio climático puede también afectar y hasta empeorar las condiciones ambientales y la disponibilidad de recursos naturales de los que dependen las poblaciones, incluida la pérdida de la biodiversidad local que proporciona alimentos y medicinas esenciales (Crahay y otros, 2010). La pérdida de agrobiodiversidad afecta directamente a la SAN. De acuerdo con el IPCC, la escasez del agua es uno de los factores con mayor incidencia en la baja producción de alimentos, sobre todo en las regiones tropicales (Brown y Funk, 2008; Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, 2015; Vermeulen, Campbell e Ingram, 2012; Wheeler y von Braun, 2013).

Los cambios en la producción y la productividad agrícola pueden aumentar la dependencia de los países en desarrollo de la importación de alimentos y modificar los flujos comerciales. Las proyecciones sugieren que la producción agrícola mundial disminuirá, provocando el aumento de los

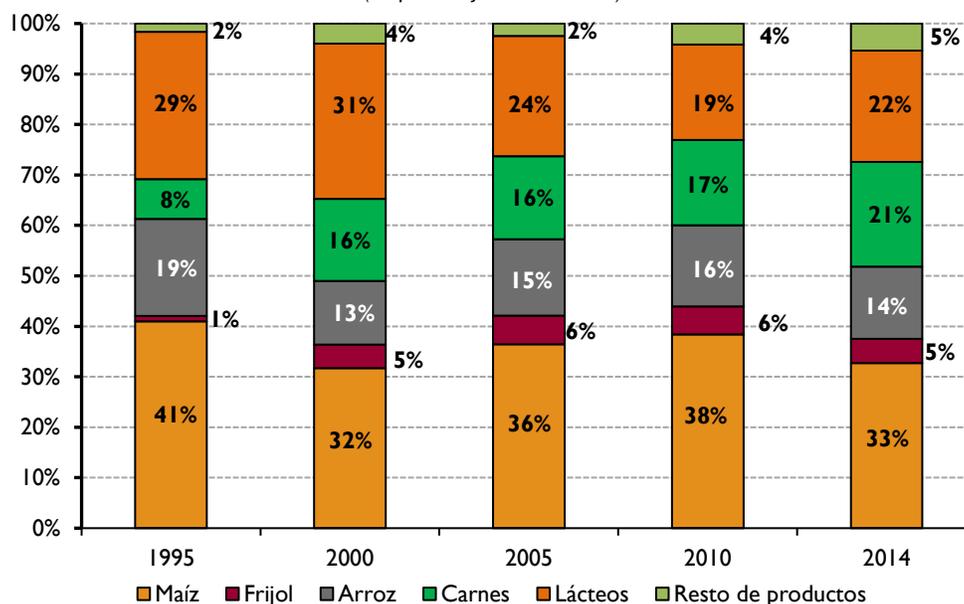
precios reales de los alimentos. En tales condiciones, el comercio se podría ver limitado por el bajo poder adquisitivo de los países en desarrollo que necesiten aumentar sus importaciones de alimentos.

Así, el cambio climático podría trastocar las ventajas comparativas de los productos agrícolas de algunos países y ocasionar cambios en los patrones y flujos de comercio internacional. El efecto será más fuerte en países cuya ventaja comparativa depende de sus condiciones climáticas y geofísicas. Países y regiones que dependen de la agricultura podrían reducir sus exportaciones si el calentamiento futuro y los fenómenos climáticos extremos más frecuentes resultan en una reducción de los rendimientos de los cultivos.

El cambio climático puede aumentar también la vulnerabilidad de las cadenas de suministro, transporte y distribución de alimentos del comercio internacional. Los eventos climáticos extremos (como los huracanes) pueden ocasionar el cierre temporal de puertos y rutas de transporte y dañar parte de la infraestructura para el comercio. Asimismo, la infraestructura costera y las instalaciones de distribución son vulnerables a las inundaciones, y el transporte de mercancías a granel por vías navegables interiores podría verse interrumpido durante las sequías. De esta manera, las interrupciones de las cadenas de suministro, transporte y distribución aumentarían los costos del comercio internacional (OMC y PNUMA, 2009).

La importación de alimentos por los países de Centroamérica ha tenido un crecimiento sostenido en las últimas dos décadas. La distribución de los principales productos importados ligados a la SAN de 1995 a 2014 se muestra en el gráfico I.1.

**GRÁFICO I.1**  
**CENTROAMÉRICA: DISTRIBUCIÓN DE LAS IMPORTACIONES DE PRODUCTOS**  
**LIGADOS A LA SAN, 1995-2014**  
(En porcentajes del valor total)



Fuente: SIECA, 2015.

En 1995 el maíz representó el 41% (incluye maíz amarillo y blanco), el 29% de las importaciones de alimentos lácteos, el 19% de arroz, el 8% en carnes y el 1% en frijol. En los quinquenios subsiguientes, la participación relativa de maíz, arroz y lácteos en las importaciones se redujo, mientras que la de frijol, carnes y el resto de los productos aumentó. En 2014 el maíz y la carne

siguieron siendo los productos con mayores volúmenes de importación de productos ligados a la SAN.

Los impactos del cambio climático en la producción y disponibilidad de alimentos son directos por su influjo en las condiciones agroecológicas, e indirectos a través de cambios en los flujos comerciales que afectan la disponibilidad. La producción de granos básicos en Centroamérica enfrenta el cambio climático en condiciones de alta vulnerabilidad socioeconómica y alta sensibilidad a aumentos marginales de temperatura y precipitación, especialmente por cambios en su distribución intranual y la ocurrencia de eventos extremos.

Generalmente, la siembra de granos básicos en los países de la región se hace en dos temporadas, la primera y la postrera, de acuerdo con el patrón bimodal de la precipitación. Los escenarios de cambio climático proyectan una reducción marcada en uno de los dos picos de lluvia, que afectaría la capacidad de aprovechar dos temporadas de siembra. La disminución de los rendimientos afectaría las exportaciones de productos como el café, lo que disminuiría el ingreso de productores además de aumentar la dependencia de los granos básicos.

## 2. Acceso

El acceso se refiere a la capacidad de los individuos y las familias para adquirir los alimentos apropiados de una dieta nutritiva (Schmidhuber y Tubiello, 2007). Este componente está relacionado directamente con el poder adquisitivo de los consumidores y el precio de los alimentos. El acceso a los alimentos depende del nivel económico y social de la población. Un mayor poder adquisitivo posibilita una mayor ingesta de proteínas y calorías y una dieta más rica, variada y nutritiva. La seguridad alimentaria no solo significa que los alimentos nutritivos estén disponibles, sino que la población tenga recursos monetarios y no monetarios para adquirirlos (Schmidhuber y Tubiello, 2007).

El cambio climático puede impactar en el acceso a los alimentos, sobre todo de los más vulnerables, quienes destinan una mayor proporción de sus ingresos a la adquisición de mismos, lo que afecta la cantidad, diversidad y calidad de la dieta, con efectos directos sobre su salud (FAO, 2016a)<sup>1</sup>. Al influir en la reducción del ritmo de crecimiento del producto interno bruto, el cambio climático tiene impactos negativos en los indicadores del componente de acceso. De esta forma, el desempeño del sector agrícola es afectado por el cambio climático, por lo que podría incidir en el ritmo del crecimiento económico, en el ingreso, la pobreza y la desigualdad<sup>2</sup>, así como en los precios de los alimentos (CEPAL, 2015). En algunos casos el cambio climático tiene efectos en la persistencia y la creación de trampas de pobreza y zonas de hambruna sin ser la única causa, pues la pobreza interactúa con múltiples factores no climáticos (IPCC, 2014). Sin embargo, el cambio climático interactúa con estos factores y con desigualdades estructurales arraigadas, aumentando así la vulnerabilidad de las poblaciones en situación de pobreza.

El cuarto reporte del IPCC expone que las personas desfavorecidas social y económicamente son afectadas desproporcionadamente por el cambio climático, ya que actúa como un multiplicador de su vulnerabilidad preexistente. De acuerdo con el reporte, la evidencia sugiere que el cambio climático empeora la pobreza, exacerba las desigualdades y crea nuevas vulnerabilidades, lo que

---

<sup>1</sup> Véase:[en línea] <[http://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/rlc/docs/Cambioclimatico.pdf](http://www.fao.org/fileadmin/user_upload/rlc/docs/Cambioclimatico.pdf)>.

<sup>2</sup> Existen desde luego otros canales de transmisión que afectan la pobreza, pero el cambio climático es un factor importante.

repercute directamente en la seguridad alimentaria. Esto es claro en los países centroamericanos, donde la agricultura no es solo una fuente de alimentos básicos, sino también una fuente de ingresos. Además, los resultados obtenidos por la CEPAL (2015) permiten argumentar que el efecto del crecimiento económico sobre la pobreza no es simétrico, es decir, la pobreza es más sensible a la caída que al aumento del ingreso. La información disponible muestra además que a los pobres les resulta más difícil enfrentar eventos climáticos extremos.

De acuerdo con el IPCC, existe evidencia sólida de que los riesgos relacionados con el clima afectan directamente la vida de los pobres urbanos y rurales por su influencia en la disminución de los rendimientos de los cultivos y la destrucción de infraestructura, e indirectamente a través del incremento de precios, de los cambios en sus medios de subsistencia relacionados con las actividades agrícolas, ganaderas o en el trabajo asalariado. El cambio climático reduce la productividad de los hogares rurales con producción de subsistencia, lo que erosiona todavía más su seguridad alimentaria y crea nuevas trampas de pobreza. Los pastores pobres también pueden descender a niveles de pobreza crónica cuando sus bienes se pierden por sequías o inundaciones.

En las regiones con alta inseguridad alimentaria y alta desigualdad, los hogares pobres que dependen de su propia mano de obra, como los jornaleros agrícolas, serán particularmente afectados por el aumento de precios de los alimentos. Las personas pobres de las zonas urbanas se encuentran en situación vulnerable debido a la combinación del crecimiento demográfico con los riesgos de inundación en las ciudades y el estrés hídrico. Los hogares en situación de pobreza transitoria pueden descender a pobreza crónica por la falta de opciones ante los eventos climáticos extremos. Es decir, la población con menores ingresos resiente más los impactos adversos del cambio climático porque su capacidad de adaptación es limitada.

El IPCC refiere algunas proyecciones futuras que afectarán la trayectoria y la dinámica de la pobreza. Un análisis de 15 países de bajos y medianos ingresos, que supone un escenario de baja productividad y de rápido aumento de la temperatura en 2030, indica que la pobreza de los agricultores podría disminuir debido a los beneficios de vender sus excedentes a precios más altos. Sin embargo, debido a los altos precios el bienestar general podría caer. Se prevé que en la mayoría de los países de ingreso bajo y medio el número de personas en situación de pobreza disminuiría en algunos estratos ocupacionales, pero aumentaría en otros. Solamente en la mayoría de los países africanos se espera que los impactos sobre los rendimientos agrícolas sean tan severos que no permitan beneficios (IPCC, 2014).

Un análisis de largo plazo de 16 países de bajos y medianos ingresos, que incluye la simulación de un evento extremo de sequía para los períodos 1971-2000 y 2071-2100, escenario A2, arroja un aumento del 95% al 110% de la pobreza de los asalariados urbanos de Malawi, Zambia y México, mientras que los hogares con autoempleo consolidarían sus activos y enfrentarían menor incremento de vulnerabilidad (Ahmed y otros, 2009). Otro estudio, basado en los escenarios B1 y A1, prevé que para 2100 los productores de leche y uva de bajos ingresos, minorías y marginados del estado de California tendrían menos oportunidades económicas (Shonkoff y otros, 2009).

Los análisis de Centroamérica estiman que el cambio climático podría ocasionar una diversidad de efectos adversos como reducción de los rendimientos agrícolas, fluctuaciones de disponibilidad y volatilidad del precio de los alimentos, escasez del abasto de agua, debilitamiento de los servicios proporcionados por los ecosistemas y reducción e inestabilidad del trabajo agrícola, entre otros efectos. El nivel de pobreza de los pequeños productores agrícolas, en particular de los

productores de café sin acceso a información climática y servicios de extensión, podría aumentar. Es probable que las áreas de cultivo de café sean especialmente afectadas y que el cultivo requiera mayor altitud (Jha y otros, 2014). El ingreso del 40% de la población centroamericana no alcanza para solventar sus necesidades de subsistencia, alimentación, educación, salud y vivienda, y para el 15% de la población no alcanza a cubrir sus necesidades de alimentación (situación de indigencia). Para la población rural en pobreza de los países de Centroamérica será más difícil salir de esta situación frente al cambio climático, ya que entre 37% y 66% de sus ingresos provienen del trabajo asalariado e independiente del sector agropecuario (CEPAL, 2015).

La CEPAL (2015) realizó una exploración metodológica de algunas estimaciones que relacionan el efecto del cambio climático con la pobreza en Centroamérica (véase el cuadro I.1). Las proyecciones del escenario de cambio climático en 2050 indican que el porcentaje de indigencia urbana serían mayor que en el escenario base en 0,2% en Costa Rica y Panamá y 0,5% en El Salvador, que en términos absolutos equivaldrían a 15.000, 7.000 y 31.000 personas más en indigencia urbana por el efecto del cambio climático. El efecto sería mayor en Guatemala, que tendría 3,1% más de personas en indigencia urbana con respecto al escenario base, en Honduras 3% y en Nicaragua 2,7% lo que implica 652.000, 257.000 y 135.000 personas más en indigencia urbana.

**CUADRO I.1**  
**CENTROAMÉRICA: INDIGENCIA Y POBREZA URBANA,**  
**ÚLTIMAS ENCUESTAS, ESCENARIOS BASE Y A2, 2050**  
(En porcentajes)

País	Indigencia urbana			Pobreza urbana		
	Última encuesta (año)	Base 2050	A2 2050	Última encuesta (año)	Base 2050	A2 2050
Costa Rica	5,7 (2013)	2,0	2,2	16,6 (2013)	8,2	9,0
El Salvador	9,4 (2013)	3,0	3,5	36,2 (2013)	17,1	18,9
Guatemala	14,8 (2006)	7,6	10,7	42,0 (2006)	27,1	32,2
Honduras	26,5 (2010)	11,6	14,6	56,9 (2010)	33,0	38,4
Nicaragua	20,9 (2009)	8,1	10,8	52,9 (2009)	28,3	34,2
Panamá	3,6 (2013)	1,2	1,4	12,4 (2013)	6,1	6,6

Fuente: CEPAL, 2015.

En cuanto a la pobreza urbana, las proyecciones indican que con el impacto del cambio climático Panamá tendría 0,5% más de pobreza urbana con respecto al escenario base en 2050, Costa Rica 0,8%, El Salvador 1,8%, Guatemala 5,1%, Honduras 5,4% y Nicaragua 5,9%, con el escenario A2. En términos absolutos, estos porcentajes significan 21.000, 41.000, 113.000, 1.084.000, 460.000 y 294.000 personas en pobreza urbana adicionales al escenario base, respectivamente. Estas estimaciones deben tomarse con cautela, reconociendo que son resultados de una exploración metodológica inicial. Por tratarse de escenarios futuros que integran diversas capas de análisis con sus respectivas dificultades metodológicas, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Para una revisión de los supuestos y las limitantes de la metodología revisar el estudio Producción Interno Bruto, pobreza y cambio climático en Centroamérica: una exploración metodológica inicial (CEPAL, 2015).

### 3. Utilización

La utilización de los alimentos se refiere al uso y aprovechamiento biológico de los mismos, de tal forma que garanticen una adecuada alimentación, que implica inocuidad de los alimentos, hábitos y patrones de consumo, educación nutricional y sanidad adecuados y saludables. El cambio climático afecta directa e indirectamente la nutrición y la salud de la población. Por un lado, afecta la capacidad de las personas para usar los alimentos de manera efectiva al alterar su inocuidad e incrementar las enfermedades transmitidas por agua, alimentos o vectores. Por el otro, afecta la nutrición, requisito básico de la buena salud por ser la primera defensa contra enfermedades y desórdenes que pueden alterar el desarrollo físico y mental. Una buena nutrición se refiere a la ingesta de alimentos y al proceso de la utilización de los micro y macronutrientes para cumplir las funciones vitales y necesidades dietéticas del organismo (OMS, 2016).

Los efectos directos del cambio climático en la salud ocurren cuando los valores extremos de una o más variables como temperatura, precipitación, radiación solar, entre otros, provocan alteraciones fisiopatológicas (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, COMISCA, UKAID y DANIDA, 2012). Los fenómenos climáticos y ambientales extremos ponen en peligro la salud humana en forma inmediata y directa por lesiones y traumas, y en forma indirecta por contaminación de las reservas de agua y aumento de las enfermedades infecciosas a largo plazo (FAO, 2016a; OXFAM, 2013). Ambas formas reducen la capacidad de las poblaciones para absorber adecuadamente los nutrientes de los alimentos. Diversos estudios han mostrado la relación entre el clima y los patrones de distribución espacial y temporal de las enfermedades. El impacto directo más evidente está asociado a las temperaturas extremas. Fenómenos como el Niño-Oscilación Sur (ENOS) alteran los patrones de sequía y ciclones, lo que favorece el incremento de enfermedades transmitidas por vectores como malaria, dengue e infecciones parasitarias, entre otras.

Históricamente, los países centroamericanos han enfrentado efectos directos e indirectos de los fenómenos hidrometeorológicos en la salud. Ha surgido la preocupación por el aumento de la intensidad y la cantidad de estos eventos en las décadas recientes (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, COMISCA, UKAID y DANIDA, 2012; y CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, SICA, UKAID y DANIDA, 2015). Las poblaciones más vulnerables son las más expuestas a las enfermedades infecciosas. Los cambios en las condiciones climáticas pueden activar círculos viciosos donde las enfermedades infecciosas causan o agravan el hambre y disminuyen la capacidad de absorción de los nutrientes.

Los impactos de las inundaciones se sentirán más fuertemente en áreas degradadas ambientalmente y donde falta infraestructura pública básica de saneamiento e higiene. De hecho, el estado nutricional de las poblaciones depende de factores que varían de acuerdo con las condiciones económicas, sociales y ambientales; de la disponibilidad de servicios públicos básicos (agua potable, cuidados médicos y educación); del contexto cultural (hábitos alimentarios); y de alimentos asequibles localmente (OMS, 2015). Esto aumentará el número de personas expuestas a enfermedades transmitidas por el agua (como el cólera) y, por lo tanto, disminuirá su capacidad para utilizar con eficacia los alimentos (CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, SICA, UKAID y DANIDA, 2015).

De los aproximadamente 41 millones de habitantes de Centroamérica en 2008, dos terceras partes habitaban en asentamientos que combinan pobreza, condiciones insalubres y servicios de saneamiento básico y salud deficientes (FAO-ESEA, 2008). De hecho, algunas enfermedades

infecciosas asociadas a los cambios del clima también se pueden asociar a la pobreza. Tales son los casos de malaria, dengue, infecciones parasitarias intestinales, enfermedad de Chagas, leptospirosis y leishmaniasis (Hotez y otros, 2008).

La malaria continúa siendo un riesgo serio de salud en la mayor parte de Centroamérica, aun cuando el número de casos se redujo a menos de 35.000 en 2013. Con respecto a 2000, seis países de la región alcanzaron reducciones de más del 75% (COMISCA/SICA y MCR, 2015). Los países de la región han incursionado en los estudios de clima y salud: Guatemala, Nicaragua, Panamá y El Salvador en dengue; Belice y Panamá en malaria, y Guatemala y Belice en Chagas. Mención especial merecen las investigaciones desarrolladas en Costa Rica, cuyas comunicaciones nacionales reportan avances de análisis entre salud y cambio climático, incluyendo sus buenos sistemas de información.

Algunas proyecciones de salud en escenarios de cambio climático sugieren probables disminuciones de malaria en regiones donde se prevé un descenso de la precipitación. En Nicaragua se prevé un incremento de la incidencia de la enfermedad. En Guatemala se investigó el impacto potencial del cambio climático en infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades diarreicas agudas (EDA) y malaria, y se encontró que podrían no seguir sus patrones estacionales conocidos. Otro ejemplo es el sistema de alerta temprana del vector transmisor del dengue en Panamá, que permite activar campañas de control que contienen la expansión de la enfermedad. Un estudio reciente sobre Costa Rica relacionó el dengue, la malaria, el asma, las cardiopatías, las diarreas y las enfermedades parasitarias con la vulnerabilidad, la exposición de las poblaciones a factores climáticos y a su resiliencia (MINAET, MINSA, IMN y PNUD, 2008).

El cambio climático afecta considerablemente la disponibilidad y calidad del agua. Se espera que en 2025 alrededor de 1.800 millones de personas vivan en países o regiones con escasez de agua (UN-Water y FAO, 2007). Asimismo, los cambios en los patrones de precipitación, disponibilidad de agua superficial y su calidad tendrán un impacto considerable en la incidencia de enfermedades (Confalonieri y otros, 2007). Se ha demostrado que los cambios en los patrones globales de precipitación contribuyen al brote de EDA que impiden la correcta absorción de nutrientes (Aberman y Tirado, 2014). Las EDA presentan un patrón estacional cuya mayor incidencia ocurre en las temporadas cálidas, que favorecen la propagación de patógenos (Lesmana y otros, 2001). En países de clima templado, las infecciones virales se propagan en invierno, mientras que en los países tropicales ocurren todo el año y aumentan durante la estación seca y en los meses más fríos. Las diarreas por bacterias suceden con mayor frecuencia en los meses más cálidos de la estación lluviosa.

El aumento de temperatura favorece la proliferación de bacterias y parásitos que se ingieren con el agua de consumo humano; este fenómeno está asociado al aumento de ingresos hospitalarios por EDA (Checkley y otros, 2000; Hashizume y otros, 2007). Los ingresos a urgencias hospitalarias por infecciones gastrointestinales están relacionados con la turbidez del agua para beber (Schwartz y otros, 1997). El acceso a agua potable en Centroamérica es un reflejo de la desigualdad en la región. Las familias más pobres consumen agua de calidad notablemente inferior al resto de la población por la deficiencia del servicio de agua potable domiciliar y los altos costos de los sistemas de potabilización. Por ejemplo, en Nicaragua más de la mitad de la población carece de servicios de saneamiento de agua y su acceso a la atención sanitaria es limitado (BID, 2007).

Un sistema alimentario vulnerable a los efectos del cambio climático representa un alto riesgo para aumentar los problemas alimentarios y nutricionales. Garantizar una buena nutrición requiere de una dieta que satisfaga los requerimientos nutricionales y un buen estado de salud que le permita

al cuerpo humano absorber eficientemente los nutrientes para realizar sus funciones metabólicas y físicas. Las proyecciones para 2080 estiman que entre 5 a 170 millones de personas estarían en riesgo de hambre, es decir, con un consumo de calorías por debajo de los requerimientos energéticos (Parry y otros, 2004; Schmidhuber y Tubiello, 2007).

La alteración de la disponibilidad de alimentos, la reducción del ingreso de los hogares y el aumento del precio de los cultivos pueden alterar la dieta de la población. Estos factores pueden generar una oferta e ingesta alimentaria poco variada y alejada de patrones alimentarios saludables (FAO, 2016, Thomson y Fanzo, 2015; Thornton y Cramer 2012). La OMS estima, para un grupo de 32 países que concentra un 90% de la desnutrición crónica infantil, que entre 2030 y 2050 el cambio climático causaría unas 250.000 muertes adicionales cada año debidas a malnutrición, paludismo, diarrea y estrés calórico, con costos de entre 2.000 millones y 4.000 millones de dólares para los sectores de salud, agricultura, agua y saneamiento (OMS, 2015). Los resultados arrojan que el cambio climático va a desacelerar la reducción de la prevalencia de desnutrición crónica en escenarios de crecimiento y no crecimiento económico.

Los extremos climáticos escasean los alimentos frescos y saludables, y la escasez aumenta su precio, lo que orilla a la población a adquirir alimentos ultraprocesados, baratos, rápidos de preparar, que no necesitan almacenamiento, y bebidas azucaradas (Darmon y Drewnowski, 2015; Dodge, 2013). Esta dinámica se observa en grupos poblacionales de nivel económico bajo. Como ya se comentó, la población de Centroamérica está experimentando una transición de la dieta tradicional, que es monótona, basada en cereales y proteína vegetal (Soto-Méndez y otros, 2011) a los alimentos energéticamente densos (Popkin, 2001).

Con datos de las hojas de balance de la FAO se ha estimado que el aporte calórico de cereales se redujo del 52% al 44% entre los períodos 1961-1975 y 1976-2011. Para ser más precisos, el consumo de cereales aumentó, en términos calóricos, pero no tanto como el de alimentos de origen animal, aceite vegetal, azúcar o endulzantes y productos lácteos. El consumo de legumbres y frutas también redujo su aporte proporcional. Una encuesta de hogares de Guatemala arrojó que el consumo de alimentos procesados (sopas deshidratadas, gaseosas) se duplicó entre la década de 1960 y 2000, de 11% a 22% (Bermúdez y otros, 2008).

La deficiencia de micronutrientes en las poblaciones en general y específicamente en los grupos vulnerables es conocida como hambre (o desnutrición) oculta. La FAO (FAO, FIDA y PMA, 2015) define la desnutrición como «el resultado de absorción o uso biológico deficientes de los nutrientes consumidos. Comprende la insuficiencia ponderal con relación a la edad, la estatura demasiado baja para la edad (retraso del crecimiento), la delgadez peligrosa con relación a la estatura (emaciación) y el déficit de vitaminas y minerales (malnutrición por carencia de micronutrientes)». De acuerdo con encuestas de condiciones de vida, el alimento adquirido no satisface los requerimientos nutricionales de algunos micronutrientes esenciales tales como zinc, hierro y folatos, entre otros (INCAP, 2013a y 2013b). La población de Centroamérica no solo debe enfrentar la desnutrición, sino también la obesidad y el sobrepeso crecientes, condiciones que han generado lo que se denomina «doble carga de la malnutrición».

La deficiencia del consumo de alimentos nutritivos debilita la capacidad del sistema inmunológico para enfrentar infecciones (Scrimshaw y SanGiovanni, 1997) que, a su vez, impiden la utilización óptima de los nutrientes. La anemia en edades tempranas y en mujeres en edad fértil está relacionada con el bajo peso al nacer y con la vulnerabilidad ante infecciones. En la región, la anemia

afecta a todos los países, aunque de forma variable, desde 1,5% en Nicaragua hasta 32% en Guatemala (INCAP, 2015). Esta condición es todavía mayor en niños. Cinco países de la región tienen una prevalencia de más del 20%, salvo Costa Rica, Nicaragua y Guatemala, cuyos porcentajes son del 7,6%, 10,5% y 13,6%, respectivamente.

El bajo consumo de vitamina A ha dejado de ser un problema de salud pública en Belice, Costa Rica, Guatemala y Nicaragua. En infantes de edad preescolar, la prevalencia de esta deficiencia en estos países es menor al 5%. Algunos países tienen datos disponibles de deficiencias de micronutrientes como folatos, vitamina B12, zinc y selenio. En Guatemala y Costa Rica la prevalencia de deficiencia de vitamina B12 en mujeres en edad fértil representa el 18,9% y el 4,6% respectivamente. La deficiencia de zinc afecta al 34,9% de los niños de 6 a 29 meses de edad de Guatemala y al 23,9% de los niños entre 1 a 6 años de Costa Rica. La deficiencia del selenio está asociada a las enfermedades cardiovasculares. El 35% de la población adulta de Costa Rica presenta esta deficiencia, mucho mayor en mujeres que en hombres (42% y 29%, respectivamente) (INCAP, 2017).

El cambio climático, además de afectar la disponibilidad y el acceso a la alimentación adecuada y variada, afecta también el valor nutricional de cultivos alimenticios básicos. Estudios recientes demuestran que los niveles altos de CO<sub>2</sub> disminuyen significativamente las concentraciones de zinc, hierro y proteínas en los cultivos de granos básicos como arroz, maíz y trigo (Myers y otros, 2014). El cambio climático provoca también el aumento de las micotoxinas<sup>4</sup>, que ocasionan pérdidas de cosechas y disminuyen la inocuidad y calidad nutritiva de los alimentos. Los factores climáticos que incrementan las micotoxinas son la exposición a un aumento de temperatura, humedad y sequía en el almacenamiento de los cultivos (Gonzales y Juárez, 2016; Smith y otros, 1994; Tirado y otros, 2010). La contaminación de alimentos por estos agentes es más frecuente en áreas rurales y marginales, donde las pruebas para determinar la inocuidad de los alimentos son poco practicadas (Lewis y otros, 2005).

#### 4. Estabilidad

La estabilidad se refiere a la garantía de abastecimiento y acceso a alimentos de manera continua y estable, lo que significa capacidad para solucionar las condiciones de inseguridad alimentaria transitoria por factores climáticos o plagas y por cambios bruscos de precios e inestabilidad económica o política (Calero, 2011)<sup>5</sup>. Las tendencias de la variabilidad climática y del aumento de eventos extremos amenazan la estabilidad de la provisión de alimentos (Schmidhuber y Tubiello, 2007).

La dimensión de estabilidad depende de la sostenibilidad de las otras dimensiones y su ausencia se traduce en incertidumbre sobre el rendimiento agrícola, el ingreso de los hogares, el nivel de precios y todas las actividades relacionadas con la disponibilidad de alimentos (Schmidhuber y Tubiello, 2007; Romero y Diez, 2012). La variabilidad climática también tiene efectos directos sobre el transporte y el comercio al afectar las vías de comunicación.

La estabilidad depende también de la capacidad de los países para acumular reservas de alimentos en épocas de bonanza en previsión de períodos de escasez o de aumento de precios. Esta capacidad depende a su vez de la capacidad de almacenamiento y conservación de los productos, que

---

<sup>4</sup> Las micotoxinas son "metabolitos fúngicos cuya ingestión, inhalación o absorción cutánea reduce la actividad, enferma o causa la muerte de animales (sin excluir las aves) y personas" (FAO, 2003). Son engendradas por diversas especies de hongos que prosperan en cultivos expuestos a sequías severas y persistentes, o a altos grados de humedad durante períodos prolongados de tiempo. La exposición humana a un nivel elevado puede provocar diferentes enfermedades.

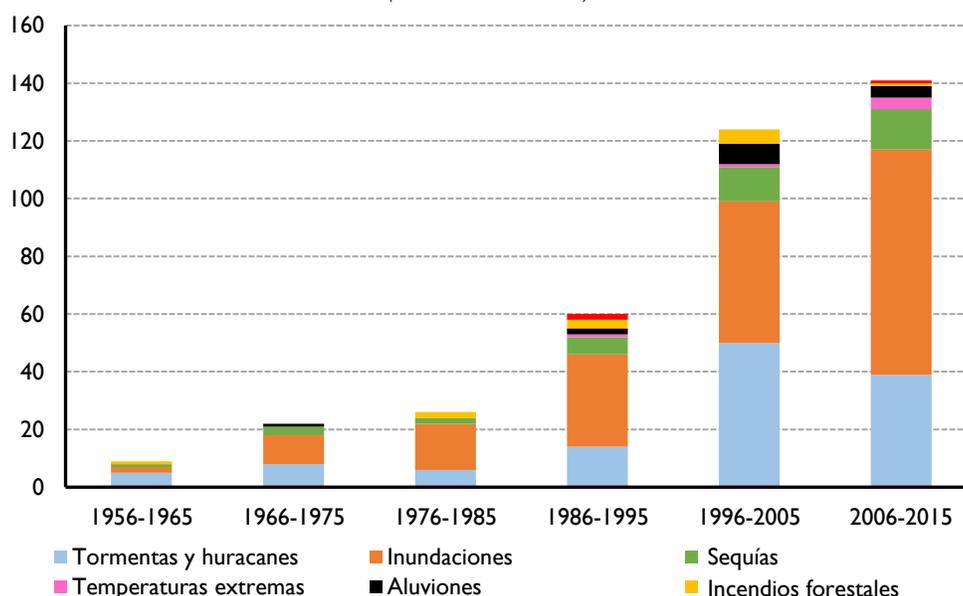
<sup>5</sup> Véase [en línea] <http://www.oda-alc.org/documentos/1367960622.pdf>

varía entre los países. Los países desarrollados disponen de más recursos para estabilizar la oferta porque cuentan con infraestructura como invernaderos y sistemas de riego que minimizan los efectos estacionales. O bien, tienen recursos para financiar la importación de alimentos. En cambio, los países en desarrollo, sobre todo aquellos con agricultura de autoconsumo, disponen de infraestructura y recursos financieros limitados, lo que repercute en la cantidad y calidad de la dieta de los hogares.

Si las fluctuaciones del clima se vuelven más pronunciadas y generalizadas, las variaciones a corto plazo de la producción de alimentos serán más severas y frecuentes, lo que puede repercutir drásticamente en el rendimiento de los cultivos, en el número de cabezas de ganado y, en general, en la productividad del sector agropecuario, afectando los salarios y, por lo tanto, la capacidad de compra de los hogares. Por ejemplo, se estima que los salarios agrícolas de Bangladesh caen entre el 9% y el 30% en la temporada del monzón; los de la India caen entre el 24% y el 58% durante las sequías (Anbumozhi y Portugal, 2012).

En Centroamérica y la República Dominicana el número de eventos climáticos extremos ha aumentado. Tan solo en el período 2006-2015 el número de tormentas se multiplicó por ocho con relación al período 1956-1965; las inundaciones se multiplicaron 39 veces en el mismo período (véase el gráfico II.2).

**GRÁFICO I.2**  
**CENTROAMÉRICA Y LA REPÚBLICA DOMINICANA: FENÓMENOS HIDROMETEREOLÓGICOS, 1956-2015**  
(En número de eventos)



Fuente: Elaboración propia sobre la base de EM-DAT, 2016.

El número de personas afectadas por las temperaturas extremas, incendios forestales, sequías, tormentas, inundaciones, deslizamientos y aluviones pasó de 2,7 millones en la década de 1970 a 12,6 millones en la última década (EM-DAT, 2016). Dichos fenómenos tienen una repercusión directa en el sector agropecuario, ya que afectan cosechas, rendimientos, empleo y reservas de alimentos. El análisis de CEPAL y CAC/SICA (2013) estima que los efectos del cambio climático aumentarían con el

avance del siglo, sobre todo en escenarios climáticos extremos (como el A2<sup>6</sup> del IPCC). Tales escenarios proyectan cambios en el patrón bimodal de la precipitación y una reducción marcada del volumen de lluvia hacia fines del presente siglo, que podría modificar la práctica de dos siembras al año, lo que mermará la producción y la productividad de los cultivos básicos. Un alto porcentaje de estudios estima un decremento entre -2,5% y 0% de los rendimientos agrícolas a nivel mundial. Los mayores impactos negativos esperados serán sobre la producción de trigo en las regiones templadas. Los decrementos proyectados por los modelos de cultivo basados en procesos fisiológicos son todavía mayores (IPCC, 2014).

América Latina y el Caribe ha reducido la proporción de la población en estado de subalimentación en los últimos 25 años (FAO, FIDA y PMA, 2015) pero este progreso podría verse comprometido si el cambio climático llega a afectar la disponibilidad de alimentos. El acceso físico y económico de las familias a la alimentación se estrecharía por las menores cantidades de alimentos y el incremento de los precios. Esto puede profundizar los cambios de los patrones alimenticios hacia una dieta poco nutritiva y menos saludable (FAO, 2016).

La intensidad de los impactos del cambio climático sobre el componente de estabilidad de la SAN dependerá de la capacidad de los países para contrarrestar las fluctuaciones de la disponibilidad y el acceso mediante inversiones en riego, en mejores instalaciones de almacenamiento y mayores recursos para la importación de alimentos, además de las políticas de fomento al comercio y la inversión en transporte, comunicaciones e infraestructura (Schmidhuber and Tubiello, 2007).

## B. SISTEMA ALIMENTARIO Y NUTRICIONAL Y EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

El sistema alimentario y nutricional tiene efectos en el medio ambiente, ya que por una parte la mayoría de las actividades agropecuarias emite gases de efecto invernadero (GEI) y, por la otra, algunas prácticas favorecen el almacenamiento de carbono en la biomasa de las plantas y el suelo, en tanto que los sistemas agroforestales tienen un efecto neto de secuestro de carbono. Los GEI emitidos por las actividades agropecuarias son el CO<sub>2</sub> (el 25% de las emisiones totales si se incluye la deforestación, las emisiones agrícolas y del sector pecuario y el manejo del suelo), el metano (CH<sub>4</sub>) (50% de las emisiones por el cultivo de arroz y la ganadería) y el dióxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) de los fertilizantes (75% del total mundial). Estas emisiones han estado creciendo, especialmente con el cambio de dietas y el incremento en el consumo de carne y productos lácteos (Vermeulen, Campbell e Ingram, 2012).

La mayoría de las estimaciones de emisiones de GEI del sistema alimentario no incluyen las emisiones del uso de fertilizantes, el transporte asociado a la producción agrícola, ni las asociadas al consumo directo o indirecto de alimentos. Pero existen mediciones como la huella de carbono (HC) de los productos alimentarios, que es un indicador de la cantidad de GEI emitidos por unidades de producción durante el ciclo de vida de productos determinados a lo largo de la cadena de producción, incluyendo a veces su consumo, recuperación y eliminación (CEPAL, 2015). Varios países han implementado o anunciado iniciativas públicas o privadas de etiquetado de HC que informan a los

---

<sup>6</sup> La caracterización del escenario A2 supone un mundo muy heterogéneo, autosuficiente y tendiente a la conservación de las entidades locales, con un desarrollo económico orientado a las regiones, y el crecimiento económico por habitante, así como el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas (IPCC, 2000). Este es el escenario de cambio climático más extremo a 2100.

consumidores de la cantidad de emisiones de CO<sub>2</sub> liberadas en el proceso de producción, transporte o eliminación de los productos. Los esquemas de medición varían de un país a otro en términos del tipo de efectos ambientales, de la cobertura de los productos, de la metodología empleada para el cálculo de la HC y del alcance de las mediciones, por ejemplo, el ciclo de vida del producto en comparación con el transporte desde el lugar de producción al sitio de consumo.

Los procesos y la información de emisiones de GEI relacionados con insumos, tierras de cultivo, manejo de pastizales y bosques, así como del ganado y los procesos biofísicos causantes de las emisiones requieren gran cantidad de datos. Algunos procesos han sido poco estudiados y su información requiere un procesamiento espacial y temporal muy detallado. Se han hecho diversos esfuerzos para contabilizar tanto las emisiones de GEI agrícolas, silvícolas y de usos del suelo (Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU) como la base de datos de FAO, que cuenta con información de emisiones mundiales actualizadas regularmente.

Las emisiones del sistema alimentario y nutricional incluyen las emisiones netas AFOLU, que son de gran interés para los países donde el sector primario representa una parte significativa de la economía nacional. Sin embargo, las estimaciones de emisiones de la agricultura (cultivos y producción pecuaria), silvicultura y otras actividades relacionadas con el uso de la tierra, como la combustión de la biomasa y la degradación de los suelos orgánicos, presentan problemas de medición y gran incertidumbre en las estimaciones. Se ha estimado que el promedio de las emisiones de GEI antropogénicas totales fue de aproximadamente 44.000 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente en 2001-2010. Las emisiones de AFOLU contribuyeron con el 21%; la agricultura y las fuentes combinadas de las actividades de silvicultura y otros usos de suelo (FOLU) constituyeron alrededor del 11% cada una. Las remociones de FOLU por sumideros proporcionaron una compensación de alrededor del 4% (Tubiello y otros, 2015).

## I. Impactos del sistema alimentario y nutricional sobre el cambio climático

Existen diversas metodologías para calcular las emisiones de GEI de los productos alimenticios, pero no todas son comparables debido a los diferentes supuestos y a la gran diversidad de actividades de los sistemas alimentarios. La contabilización de los GEI incluye supuestos sobre los diferentes métodos de producción de alimentos, la distribución geográfica de esa producción, el transporte y la tecnología utilizada (Bakas, 2010). Hay propuestas de principios metodológicos de la evaluación ambiental de productos alimenticios y bebidas, basadas en el flujo de información de toda la cadena de producción y el ciclo de vida de los productos, pero todavía existen problemas metodológicos y se requiere gran cantidad de información.

Vermeulen y otros (2012) estiman que los sistemas alimentarios aportan entre el 19% y el 29% del total de las emisiones de GEI globales. De este porcentaje, la producción agrícola aporta entre el 80% y el 86%, mientras que el resto proviene de actividades de preproducción (principalmente la fabricación de fertilizantes) y las de posproducción (procesamiento, envasado, refrigeración, transporte, venta al por menor y eliminación de residuos, entre otras). En el cuadro I.2 se presentan las estimaciones de las emisiones globales de GEI de toda la cadena alimentaria.

**CUADRO 1.2**  
**MUNDO: ESTIMACIONES DE LA CONTRIBUCIÓN DE LAS DIFERENTES ETAPAS DE**  
**LA CADENA ALIMENTARIA A LAS EMISIONES GLOBALES DE GEI**

Etapa de la cadena		Emisiones (MtCO <sub>2</sub> e)	Año de estimación
Preproducción	Fabricación de fertilizantes	282-575	2007
	Uso de energía en la producción de alimentos para animales	60	2005
	Producción de pesticidas	3-140	2007
Producción	Emisiones directas de la producción agrícola	5 120-6 116	2005
	Emisiones indirectas de la producción agrícola	2 198-6 567	2008
Posproducción	Procesamiento primario y secundario	192	2007
	Almacenamiento, envasado y transporte	396	2007
	Refrigeración	490	2004
	Actividades de venta al por menor	224	2007
	Catering y administración de alimentos	160	2007
	Eliminación de residuos	72	2007

Fuente: Vermeulen y otros, 2012.

## 2. Actividades de preproducción

Las actividades de preproducción incluyen la fabricación de fertilizantes, herbicidas, pesticidas y otros productos químicos que controlan las enfermedades de las plantas. Estos productos se han vuelto necesarios sobre todo a raíz de la revolución verde. Otros agentes contaminantes son los combustibles fósiles para la producción y transporte de alimento para el ganado, el procesamiento y transporte de semillas, el diésel para maquinaria agrícola, la electricidad para el riego y otros.

La fabricación de fertilizantes a base de nitrato emite N<sub>2</sub>O. No obstante, es el amoníaco el insumo más importante en el proceso de fabricación de fertilizantes. Con respecto a las emisiones de GEI de la fabricación de plaguicidas, la información es escasa. La producción de alimento para el ganado también contribuye a la emisión de GEI, especialmente el alimento para rumiantes, porque requieren más alimento que otras especies pecuarias por kilogramo de peso. El volumen total de combustibles fósiles utilizados en la producción de alimento para ganado es cercano a 60 MtCO<sub>2</sub>e<sup>7</sup>. Sin embargo, la producción de rumiantes en los sistemas extensivos de pastoreo en tierras no aptas para el cultivo reducirá las emisiones asociadas con el cambio de cobertura de suelo (Vermeulen y otros, 2012).

## 3. Actividades de producción

La producción agrícola contribuye significativamente a las emisiones de GEI en forma directa a través de las prácticas agrícolas, e indirectamente mediante el cambio de uso de suelo resultado de la incorporación de nuevas tierras a la producción. Las estimaciones de emisiones de GEI por la

<sup>7</sup> CO<sub>2</sub>e son emisiones de CO<sub>2</sub> equivalentes corresponde a la suma de emisiones de CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O en valores de CO<sub>2</sub> equivalentes a 100 años.

producción agrícola siguen siendo fuente de incertidumbre. Durante el período 2001-2010 las fuentes de emisiones fueron la agricultura (50%), la conversión neta de bosques (38%), la degradación y quema de la turba o carbón ligero (11%) y la quema de biomasa (1%). El manejo forestal y la reforestación aportaron el 100% de las remociones de carbono por sumidero, equivalentes al 20% de la compensación de las emisiones totales de AFOLU (Tubiello y otros, 2015).

De las emisiones antropogénicas globales, las emisiones directas de la producción agrícola representaron alrededor del 60% de las emisiones de N<sub>2</sub>O y alrededor del 50% de CH<sub>4</sub> en 2005. Vermeulen y otros (2012) indican que las principales fuentes de emisiones directas son el N<sub>2</sub>O de suelos que aporta el 38%, el CH<sub>4</sub> de la fermentación entérica el 32%, la quema de biomasa el 12%, la producción de arroz el 11% y el estiércol el 7%. En 2011 el volumen de las emisiones anuales totales de la agricultura sumó 5.335 Mt de CO<sub>2</sub>e, el nivel más alto de la historia, y casi un 9% más que el promedio de 2001 a 2010 (FAO, 2014).

De acuerdo con la información de las últimas comunicaciones nacionales de los países de Centroamérica, la proporción de las emisiones de la agricultura con respecto a las emisiones netas es muy variada ya que va de 44% en Costa Rica a 8% en Belice. El país con mayores emisiones del sector agricultura es Guatemala, pero también es el que registra las menores emisiones netas debido a la cantidad de absorciones por cambio de uso de suelo. Nicaragua y la República Dominicana son los siguientes países con mayores emisiones del sector agricultura (véase el cuadro I.3).

**CUADRO I.3**  
**CENTROAMÉRICA Y REPÚBLICA DOMINICANA: EMISIONES DE GEI, VARIOS AÑOS**  
(En gigagramos (Gg) y porcentajes)

	Total de emisiones brutas	Total de emisiones netas	Total de emisiones sector agricultura	Emisiones de la agricultura en las emisiones netas (en porcentajes)
Belice (2009)	16 883,68	8 105,68	604,77	7,5
Costa Rica (2010)	13 936,07	8 680,89	3 789,52	43,7
El Salvador (2005)	14 453,41	14 453,41	3 115,40	21,6
Guatemala (2005)	31 445,63	6 953,57	8 008,38	-
Honduras (2000)	67 643,93	16 703,14	4 441,91	26,6
Nicaragua (2000)	152 238,64	57 749,64	7 101,00	12,3
Panamá (2000)	32 947,54	9 289,54	3 204,69	34,5
República Dominicana	34 211,08	31 044,08	6 812,21	21,9

**Fuente:** Inventarios de GEI de las comunicaciones nacionales de los países.

Dentro de las emisiones directas de la producción agropecuaria se encuentran las procedentes de la fermentación entérica (CH<sub>4</sub>) producida por el sistema digestivo de los rumiantes (ganado vacuno, búfalos, ovejas, cabras, camellos, llamas, caballos, mulas, asnos y cerdos). En 2011, las emisiones procedentes de la fermentación entérica sumaron alrededor de 2.071 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente, aproximadamente el 40% de las emisiones totales de la agricultura (FAO, 2014).

Los fertilizantes sintéticos y el estiércol aplicado a suelos y pastos generan emisiones de GEI, principalmente CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, que en conjunto representaron el 20% de las emisiones de la agricultura en 2011. Estas emisiones son las de más rápido crecimiento del sector agropecuario, con un aumento del 37% desde 2001. Las emisiones de GEI del manejo de estiércol consisten de CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O, cuyo

volumen total global en 2011 sumó alrededor de 361 Mt de CO<sub>2</sub> equivalente, alrededor del 7% de las emisiones totales de la agricultura en el mismo año (FAO, 2014).

Las emisiones de N<sub>2</sub>O por fertilizantes son producidos por procesos microbianos de nitrificación y desnitrificación que tienen lugar en el sitio de adición (emisiones directas) y después de procesos de volatilización, redeposición y lixiviación (emisiones indirectas). Además, estos efectos son independientes de la degradación de la tierra por la aplicación de fertilizantes y la incorporación de residuos en el suelo. En 2011, las emisiones anuales mundiales totales de fertilizantes sintéticos sumaron 725 Mt de CO<sub>2</sub>e, equivalentes al 14% de las emisiones totales de la agricultura el mismo año. Considerando las grandes diferencias regionales de producción agropecuaria, se estima que alrededor del 20% de los 80 millones de toneladas de fertilizante nitrogenados que se producen anualmente se utilizan para cultivar alimento para ganado (Vermeulen y otros, 2012).

Otra fuente importante de emisiones de GEI es el cultivo del arroz, principalmente metano (CH<sub>4</sub>) producido por la descomposición anaeróbica de la materia orgánica en los arrozales. En 2011, las emisiones anuales totales mundiales de GEI procedentes del cultivo del arroz sumaron 522 Mt de CO<sub>2</sub>e, aproximadamente el 10% de las emisiones totales de la agricultura en el mismo año.

Las emisiones de GEI procedentes de la quema de sabanas consisten en CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O producidos por la combustión de la biomasa de los cinco tipos de cobertura vegetal: sabana, sabana arbustiva, matorral abierto, matorral cerrado y pastizales. En 2011, las emisiones anuales totales mundiales de la quema de esta vegetación sumaron 287 Mt de CO<sub>2</sub>e, casi el 5% de las emisiones totales de la agricultura. A esto se deben sumar las emisiones por quema de residuos de cultivo en los campos agrícolas (CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O). En 2011, las emisiones anuales totales mundiales de la quema de residuos de cultivos sumaron 29 Mt de CO<sub>2</sub>e, solo el 0,5% de las emisiones totales de la agricultura.

Para el caso de los países SICA, la fermentación entérica es el mayor rubro de emisión de GEI en el sector agropecuario con excepción de Belice, Guatemala y Nicaragua (aun con un porcentaje alto), la proporción de emisiones con respecto al sector van de 18% a 67%. Le sigue en importancia el rubro de emisiones en suelos agrícolas con proporciones desde 6% en República Dominicana hasta 56% en Guatemala. El manejo de estiércol se encuentra en el tercer lugar de importancia en emisiones del sector agropecuario, principalmente en Belice (48%), la República Dominicana (34%) y Honduras (25%). Por el tamaño de producción del arroz en Costa Rica, Panamá y la República Dominicana las emisiones por este cultivo son relevantes (véase el cuadro I.4).

Las emisiones indirectas de la producción agrícola consisten en el CO<sub>2</sub> producido por la pérdida de biomasa debida a la conversión de tierras forestales a otros usos de la tierra, principalmente a tierras de cultivo o pastoreo. De acuerdo con Vermeulen y otros (2012), alrededor del 80% de las nuevas tierras para cultivos y pastos proviene de la sustitución de los bosques, especialmente en los trópicos. Las emisiones de GEI por conversión neta de bosques y de incendios de suelos orgánicos en 2010 sumaron 3.738 Mt de CO<sub>2</sub>e. América fue el mayor contribuyente (54%), seguido por África (26%) y Asia (15%).

En los países SICA en el sector de cambio de uso de suelo y silvicultura (CUTS) las emisiones son mayores que las absorciones en Belice, El Salvador, Honduras y Nicaragua. En el resto de los países hay mayor absorción en el sector CUTS de acuerdo con sus últimos inventarios de emisiones de GEI (véase el cuadro I.5).

**CUADRO I.4**  
**CENTROAMÉRICA Y REPÚBLICA DOMINICANA: EMISIONES TOTALES DE GEI DEL SECTOR**  
**AGROPECUARIO**

*(En Gigagramos (Gg) y porcentajes)*

		Fermentación entérica	Manejo de estiércol	Cultivo de arroz	Suelos agrícolas	Quema prescrita de sabanas	Quema de residuos agrícolas
Belice (2009)	CH <sub>4</sub>	5,07	-	0,68	-	-	0,02
	N <sub>2</sub> O	-	0,93	-	0,63	-	-
	CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
	CO <sub>2</sub> e	106,47	288,30	14,28	195,30	-	0,42
	<b>Porcentaje</b>	<b>17,60</b>	<b>47,70</b>	<b>2,40</b>	<b>32,30</b>	-	<b>0,10</b>
Costa Rica (2010) <sup>a</sup>	CH <sub>4</sub>	94,27	1,98	11,13	-	0,034	0,62
	N <sub>2</sub> O	-	0,24	-	1,94	0,083	0,003
	CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
	CO <sub>2</sub> e	1 979,67	115,98	233,73	601,40	26,44	13,95
	<b>Porcentaje</b>	<b>66,60</b>	<b>3,90</b>	<b>7,90</b>	<b>20,20</b>	<b>0,90</b>	<b>0,50</b>
El Salvador (2005)	CH <sub>4</sub>	71,72	3,23	0,21	-	0,49	2,94
	N <sub>2</sub> O	-	-	-	4,65	0,01	0,08
	CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
	CO <sub>2</sub> e	1 506,12	67,83	4,41	1 441,50	13,39	86,54
	<b>Porcentaje</b>	<b>48,30</b>	<b>2,20</b>	<b>0,10</b>	<b>46,20</b>	<b>0,40</b>	<b>2,80</b>
Guatemala (2005)	CH <sub>4</sub>	139,04	5,19	0,36	-	8,43	2,19
	N <sub>2</sub> O	-	0,72	-	14,44	0,10	0,06
	CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
	CO <sub>2</sub> e	2 919,84	332,19	7,56	4 476,40	208,03	64,59
	<b>Porcentaje</b>	<b>36,50</b>	<b>4,10</b>	<b>0,10</b>	<b>55,90</b>	<b>2,60</b>	<b>0,80</b>
Honduras (2000)	CH <sub>4</sub>	97,90	4,33	0,29	-	0,001	0,54
	N <sub>2</sub> O	-	3,27	-	4,00	0,02	0,02
	CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
	CO <sub>2</sub> e	2 055,90	1 104,63	6,09	1 240,00	6,22	17,54
	<b>Porcentaje</b>	<b>46,40</b>	<b>24,90</b>	<b>0,10</b>	<b>28,00</b>	<b>0,10</b>	<b>0,40</b>
Nicaragua (2000)	CH <sub>4</sub>	143,00	4,00	10,00	-	1,00	3,00
	N <sub>2</sub> O	-	1,00	-	11,00	-	-
	CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
	CO <sub>2</sub> e	3 003,00	394,00	210,00	3 410,00	21,00	63,00
	<b>Porcentaje</b>	<b>42,3</b>	<b>5,50</b>	<b>3,00</b>	<b>48,00</b>	<b>0,30</b>	<b>0,90</b>
Panamá (2000)	CH <sub>4</sub>	81,24	3,00	6,35	-	0,05	0,85
	N <sub>2</sub> O	-	0,05	-	4,13	-	0,01
	CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
	CO <sub>2</sub> e	1 706,04	78,50	133,35	1 280,30	1,05	20,95
	<b>Porcentaje</b>	<b>53,00</b>	<b>2,40</b>	<b>4,10</b>	<b>39,80</b>	<b>0,00</b>	<b>0,70</b>
República Dominicana (2010)	CH <sub>4</sub>	190,10	12,50	18,31	-	-	-
	N <sub>2</sub> O	-	7,01	-	1,39	-	-
	CO <sub>2</sub>	-	-	-	-	-	-
	CO <sub>2</sub> e	3 992,10	2 435,60	384,51	430,90	0,00	0,00
	<b>Porcentaje</b>	<b>55,10</b>	<b>33,60</b>	<b>5,30</b>	<b>5,90</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>

Fuente: Inventarios de GEI en las comunicaciones nacionales de los países.

<sup>a</sup> En el rubro de quema de sabanas para Costa Rica, este corresponde a la quema de pastizales.

**CUADRO I.5**  
**CENTROAMÉRICA Y REPÚBLICA DOMINICANA: EMISIONES POR CAMBIO**  
**DEL USO DE LA TIERRA Y SILVICULTURA (CUTS)**

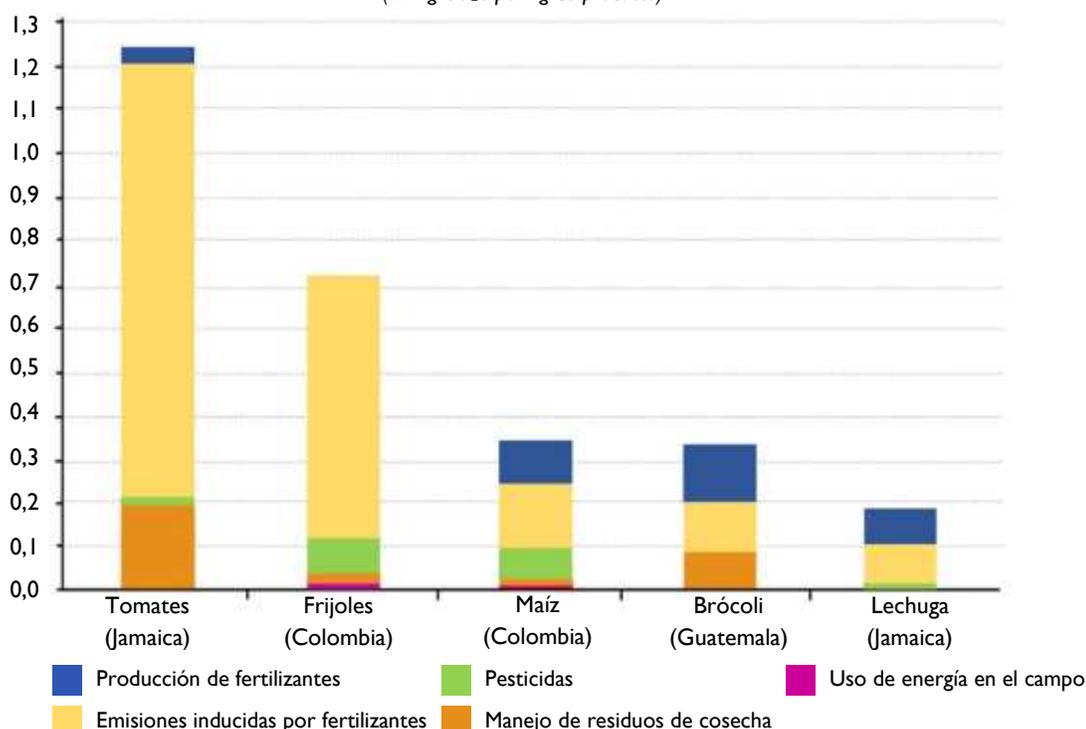
(En gigagramos (Gg))

País	Emisiones GEI en el sector CUTS	Absorción CO <sub>2</sub> en el sector CUTS
Belice (2009)	14 289,00	8 778,00
Costa Rica (2005)	1 065,53	5 255,18
El Salvador (2005)	3 380,19	0,00
Guatemala (2005)	8 497,00	24 492,06
Honduras (2000)	56 696,65	50 940,79
Nicaragua (2000)	140 257,25	94 489,00
Panamá (2000)	21 425,00	23 658,00
República Dominicana (2010)	66,35	3 166,99

Fuente: Inventarios de GEI en las comunicaciones nacionales de los países.

Con el fin de avanzar en el conocimiento de las principales fuentes de emisión y precisar los planes de reducción, en los últimos años se han hecho diversas mediciones piloto de la huella de carbono de productos agrícolas de América Latina. En el gráfico I.3 se muestran los resultados de estas mediciones en algunos cultivos. Por ejemplo, en el caso del brócoli de Guatemala, las fuentes de la huella de carbono se producen tanto por el uso de los fertilizantes como por su producción. Le siguen en importancia las emisiones del manejo de residuos de cosecha.

**GRÁFICO I.3**  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: FUENTES DE EMISIÓN DE ALGUNOS CULTIVOS AGRÍCOLAS, 2006-2010**  
 (En kg CO<sub>2</sub>e por kg de producto)



Fuente: Frohmann y Olmos, 2013.

## 4. Actividades de posproducción

El consumo humano de alimentos produce alrededor de 4,4 toneladas de emisiones de GEI por hogar en promedio cada año, equivalente al 16% de las emisiones de GEI derivadas del consumo humano total. La producción de alimentos (incluido el transporte de mercancías) aporta el 45% de este total. El resto se origina en el consumo de energía para el almacenamiento, preparación y viajes de compras de alimentos (Fritsche y Eberle, 2009).

Las emisiones del procesamiento de alimentos son CO<sub>2</sub> (por la combustión en estufas, hornos, calderas tostadoras y procesamiento), CH<sub>4</sub> y N<sub>2</sub>O (de aguas residuales). Las mediciones comprenden la intensidad energética de la mayoría de las actividades de transformación de la industria alimentaria. Por ejemplo, se estima que la molienda húmeda de maíz consume el 15% de la energía total de la industria alimentaria de los Estados Unidos. Algunos estudios estiman que el procesamiento de alimentos en China produjo 48 Mt CO<sub>2</sub>e de las emisiones de ese país en 2007 (Vermeulen y otros, 2012). La cadena de suministro de alimentos de la Unión Europea produce alrededor del 31% de las emisiones de GEI de los países miembros. No obstante, los estudios del ciclo de vida de los productos muestran una amplia gama de variaciones en las estimaciones, que se explican por los diferentes productos considerados, la metodología utilizada y los supuestos asumidos.

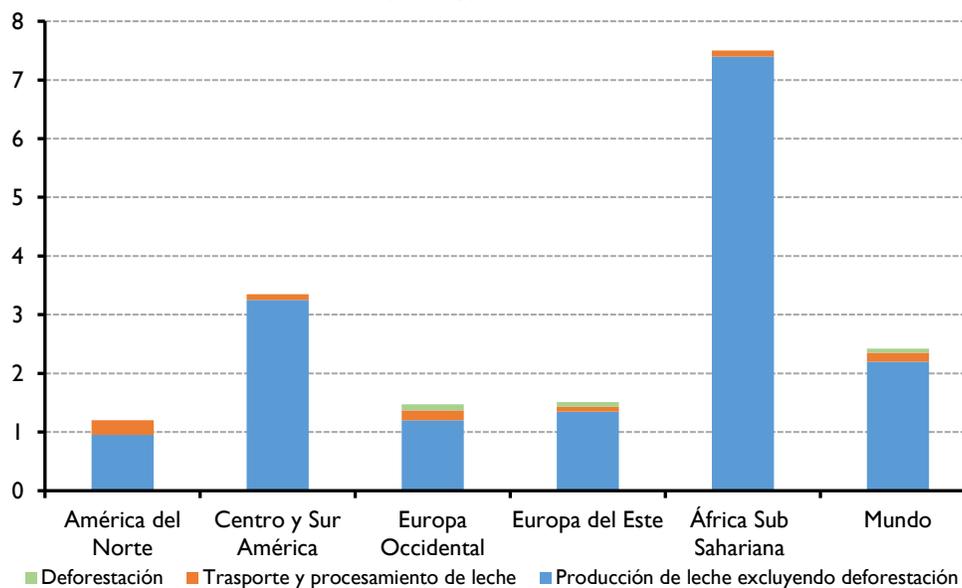
La FAO (2010) realizó un análisis de la cantidad de energía utilizada para el transporte y procesamiento de algunos productos pecuarios como la leche. En este caso, la estimación depende de factores como la distancia entre el lugar de producción y la planta lechera, el tipo de procesamiento, de embalaje y de transporte (camiones con o sin refrigeración) y la tecnología utilizada en la planta lechera. Las emisiones de GEI resultantes de estas actividades en Europa se calculan en 0,155 kg de CO<sub>2</sub>e por kg de leche en la puerta de la granja, 0,086 kg de CO<sub>2</sub>e por procesamiento, 0,038 kg de CO<sub>2</sub>e por envasado y 0,030 kg de CO<sub>2</sub>e por kg de leche por transporte (de la granja al comercio minorista).

En el gráfico I.4 se representan las emisiones del sector lechero a nivel de finca por regiones, que representan alrededor del 93% de las emisiones de este sector. El rango de participación de las emisiones a nivel de finca en las regiones es entre 80% y 99%. Las variaciones regionales de las emisiones por kg de leche se deben principalmente a las diferencias de los sistemas de producción.

Entre las actividades de posproducción está el embalaje. La información sobre las emisiones de GEI por este concepto es escasa y difícil de delimitar, ya que puede incluir la fabricación de los materiales de envase, el proceso de envasado y una parte de los costos de refrigeración. De acuerdo con Garnett (2011), la estimación de emisiones de GEI por empaque de alimentos del Reino Unido representa el 7% de las emisiones de GEI del sector de alimentos.

El transporte de alimentos contribuye de manera directa a las emisiones de GEI. Al respecto se ha acuñado la expresión *food miles* para medir su impacto ambiental, que ha recibido considerable atención en los análisis del ciclo de vida de los productos (Vermeulen y otros, 2012). El informe *Wise Moves* publicado por la organización ambientalista Campaign for Better Transport (en ese momento *Transport 2000*) encontró que el transporte de alimentos representa alrededor del 3,5% de las emisiones de GEI relacionadas con el consumo de alimentos en el Reino Unido (Garnett, 2008). El análisis identificó que existe cierta correlación entre la menor distancia de viaje y las emisiones más bajas, pero con excepciones por las diferencias en la eficiencia de los sistemas de producción, el modo de transporte y la logística.

**GRÁFICO I.4**  
**REGIONES DEL MUNDO: EMISIONES DE GEI ESTIMADAS POR KG DE LECHE**  
**CORREGIDA DE GRASAS Y PROTEÍNAS A NIVEL FINCA, 2010**  
 (Kg CO<sub>2</sub> eq por kg de leche)



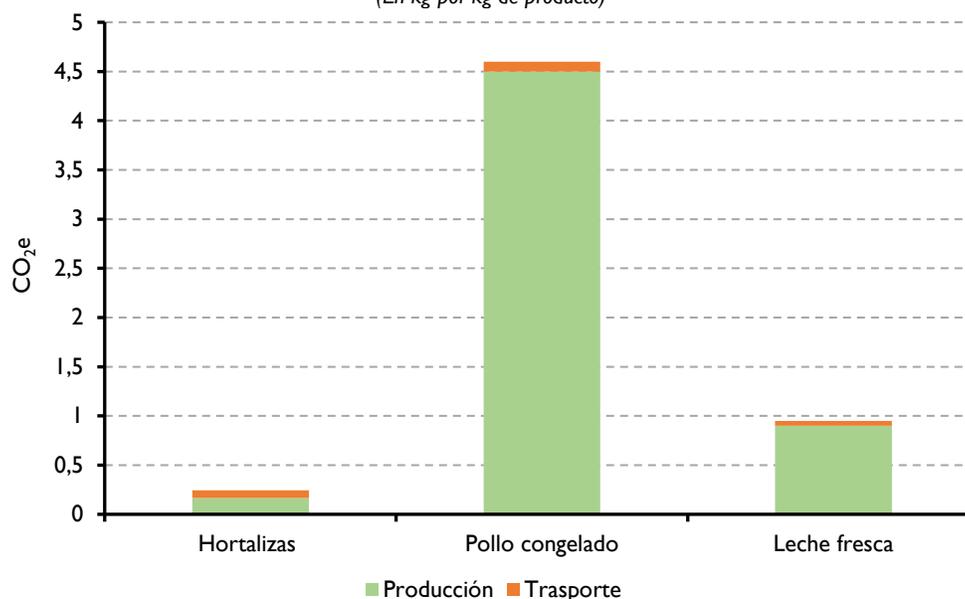
Fuente: FAO, 2010.

Otros análisis han demostrado que el transporte aéreo de alimentos deja mayor huella de carbono que el marítimo para el transporte de larga distancia. Pero en términos absolutos, las emisiones de los fletes aéreos son considerablemente más bajas que las del transporte marítimo y terrestre por el hecho de que la mayor parte de los alimentos son transportados por estas últimas vías. De acuerdo con el estudio *Defra Food Miles*, menos del 1% de los alimentos es transportado por aire, pero las emisiones de CO<sub>2</sub> de los fletes respectivos equivalen al 11% de las emisiones totales del transporte de alimentos, incluyendo las de los vehículos de los consumidores desde y hasta la tienda (Garnett, 2008).

También hay análisis sobre las emisiones por transporte de alimentos de acuerdo con el tipo de productos. Por ejemplo, el transporte de hortalizas frescas emite alrededor del 15%, mientras que el de pollo congelado y el de leche fresca emiten el 2% (véase el gráfico I.5) (Fritsche y Eberle, 2009).

Algunos estudios también distinguen las emisiones de GEI por producción de alimentos y por transporte. Por ejemplo, las emisiones de la producción de carne y productos lácteos son mucho mayores que las de su transporte. En cambio, las emisiones de la producción de frutas y hortalizas son menores que las de su transporte. Sim y otros (2007) realizaron un análisis del ciclo de vida para evaluar el impacto ambiental de la manzana, el frijol y los berros y concluyeron que la fase de transporte contribuye de forma significativa al impacto ambiental de estos productos. Otro caso es el de las emisiones absolutas asociadas a la importación del Reino Unido de hortalizas frescas de España y de carne de cerdo fresca de Dinamarca, cuyos volúmenes son similares, pero el peso relativo de las emisiones por transporte de hortalizas es mayor que el de carne de cerdo (Garnett, 2008).

**GRÁFICO I.5**  
**MUNDO: EMISIONES DE GEI POR TRANSPORTE Y PRODUCCION**  
**DE COMIDA DE LA FINCA AL MINORISTA**  
*(En kg por kg de producto)*



**Fuente:** Wiegmann y otros, 2005, tomado de Fritsche y Eberle, 2009.

El consumo de energía crece con la economía; un ejemplo de ello es el incremento de la demanda de refrigeración y aire acondicionado. El sistema alimentario se basa en la refrigeración. Para muchos alimentos la refrigeración es un requisito en casi todas las etapas de la cadena de suministro, desde el punto de cosecha o sacrificio hasta su consumo final. La refrigeración emite GEI por la energía utilizada para operar los equipos y por los gases refrigerantes como clorofluorocarbonos (CFC), tetracloruro de carbono (TET), metilcloroformo (MCF) e hidroc fluorocarbonos (HCFC)<sup>8</sup>.

A partir de la entrada en vigor del protocolo de Montreal (1989) ha habido una eliminación gradual de diversos gases. Se ha estimado que en el Reino Unido alrededor del 2,4% de las emisiones de GEI provienen de la refrigeración de alimentos. Si a este promedio se añade la parte de energía oculta o «incrustada» por el transporte de alimentos desde otros países, la cifra podría aumentar entre 3% y 3,5% (Garnett, 2008).

El consumo de energía de los puntos de venta de alimentos al menudeo también contribuye a las emisiones de GEI. El consumo de energía de los supermercados depende de los equipos de refrigeración, las prácticas de negocio, el tipo de productos y la actividad comercial. Garnett (2008) reporta que la energía consumida por los supermercados por metro cuadrado es más intensiva que la de otros comercios, debido en gran parte a la refrigeración de alimentos.

La preparación de alimentos en los hogares también contribuye a las emisiones de GEI por el consumo de energía para refrigeración y cocción. Garnett (2011) calcula que el servicio de comida representa el 6% de las emisiones directas de la cadena alimentaria del Reino Unido, mientras que la preparación y conservación de alimentos en el hogar representa alrededor del 9%. Este tipo de cálculos no están disponibles en los países de bajos y medianos ingresos, pero se estima que el 60% del

<sup>8</sup> Los hidrofluorocarbonos (HFC) no son perjudiciales para la capa de ozono, pero son gases de efecto invernadero potentes (USEPA e ICF, 2012).

consumo de energía de las pequeñas empresas de África es utilizado para cocinar y hornear y por lo tanto las emisiones para esta parte de la cadena es significativa.

Un factor importante del aumento de las emisiones de combustibles por cocina doméstica es el aumento de los ingresos familiares. La sustitución de los combustibles de biomasa por combustibles comerciales en China, en particular electricidad a base de carbón, ocasionó un incremento de las emisiones de CO<sub>2</sub> residencial rural de 152 Mt en 2001 a 284 Mt en 2008 (Vermeulen y otros, 2012).

Otra fuente de emisiones son los desperdicios de alimentos, los cuales contribuyen directamente a través de las emisiones de CH<sub>4</sub> de los vertederos. Las tasas de las emisiones de los vertederos difieren enormemente de acuerdo con la composición de los residuos y las prácticas de gestión asociadas de los países. En el Reino Unido las emisiones de CH<sub>4</sub> por la descomposición o degradación de los alimentos se estiman en un 0,3% de las emisiones totales de GEI. El mayor efecto contaminante de los residuos proviene de las emisiones indirectas por recolección, procesamiento, distribución y refrigeración de los desperdicios de alimentos. La mayor parte de estos desperdicios se produce en los hogares, momento en el cual el alimento conserva todos los impactos previos del ciclo de vida.

Se calcula que los residuos de alimentos de los Estados Unidos han aumentado del 30% del total de su suministro de alimentos en 1974 al 40% en 2003 (Vermeulen y otros, 2012). El Programa de Acción de Residuos y Recursos del Reino Unido (WRAP, por sus siglas en inglés) estima que los hogares desperdician el 30% de los alimentos que compran, el 60% de los cuales es comestible o pudo haber sido consumido antes de su fecha de caducidad (Garnett, 2008).

## II. PROPUESTAS METODOLÓGICAS PARA ESTIMAR LOS IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

Este capítulo presenta las metodologías propuestas por miembros del grupo interagencial de apoyo del Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) para estimar cuantitativa y cualitativamente los impactos potenciales del cambio climático en la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) de Centroamérica. La mayoría de las metodologías está enfocada a una parte del sistema alimentario y nutricional o alguna dimensión de la SAN.

### A. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En los últimos decenios, la variabilidad climática y el cambio climático han alterado los sistemas hidrológicos, el uso del suelo y la biodiversidad, lo que ha reducido el rendimiento de los cultivos y ha producido efectos negativos en la salud, así como daños y pérdidas en infraestructura, medios de subsistencia, prestación de servicios, ecosistemas y recursos ambientales (IPCC, 2014; Ericksen y otros, 2009). Por esta razón, diversos investigadores han diseñado métodos para evaluar los efectos del fenómeno en los componentes de la SAN.

La investigación científica no ha estimado hasta ahora los efectos del fenómeno en la SAN en los escenarios futuros de cambio climático. Las cuatro dimensiones de la SAN, y por tanto las actividades que se encuentran dentro del sistema alimentario y nutricional como la producción, procesamiento, almacenamiento, distribución y comercialización de alimentos, están ligadas a la variabilidad climática y al cambio climático. De ahí la importancia de tener un análisis integral sobre la SAN.

En cuanto a la producción de alimentos, de acuerdo con el Cuarto Informe de Evaluación (AR4) del Grupo de Trabajo II del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), el cambio climático afectará en diversos grados y maneras a los cultivos y al ganado (Easterling y otros, 2007). Se prevé una reducción general del rendimiento de los cultivos y de la disponibilidad de agua para la población y la agricultura a causa del cambio climático (UNFCCC, 2015). De acuerdo con estas estimaciones, la producción agrícola podría disminuir un 2% hacia 2050, y la demanda de alimentos podría crecer en un 14% cada diez años (GPAFN, 2015).

En relación con los principales cultivos (trigo, arroz y maíz) en las regiones tropicales y templadas, las proyecciones señalan que el cambio climático sin medidas de adaptación tendrá un impacto negativo en la producción en un contexto de rápido crecimiento de la demanda de alimentos. Los impactos proyectados varían según los cultivos, las regiones y los escenarios de cambio climático.

Un 10% de las proyecciones del período 2030-2049 estima aumentos de rendimiento superiores al 10%, mientras que alrededor de otro 10% estima pérdidas superiores al 25%, en comparación con los últimos años del siglo XX. Después de 2050 los impactos en el rendimiento de los cultivos serían más graves, dependiendo del escenario de que se trate (IPCC, 2014).

El cambio climático afecta también los precios de los alimentos y por tanto el acceso que la población tiene a ellos. Las modelaciones climáticas estiman que en 2050 el precio del arroz y el maíz aumentaría entre un 5% y un 25% (Nelson y otros, 2009). La razón aducida es que el cambio climático disminuirá la oferta de grano, lo que se combinaría con un aumento de la demanda de alimentos por el aumento de la población.

El cambio climático afecta también la calidad de los alimentos, tanto en su inocuidad como en su aporte nutricional. Por ejemplo, el aumento de la temperatura, al favorecer la propagación de bacterias, reduce la inocuidad de los alimentos (en especial la de frutas y verduras) en la cadena de suministro (Hammond y otros, 2015, y Liu y otros, 2015). Además de sus efectos directos en la calidad de los alimentos y la salud, el cambio climático tiene efectos indirectos en el empleo, la migración y en los servicios de salud, impactos que afectan a las poblaciones más vulnerables.

La magnitud del impacto del cambio climático en la SAN es objeto de debate, ya que no se pueden hacer predicciones certeras de la frecuencia e intensidad de los eventos climatológicos y de los cambios regionales en los patrones de temperatura y precipitación. La variabilidad temporal y espacial del clima es fuente de incertidumbre, por lo que no existe todavía un marco de análisis exhaustivo y aceptado para conocer sus vínculos con la SAN en todas sus dimensiones (UNFCCC, 2015). El IPCC propone un procedimiento de siete pasos (Carter y otros, 1994; Parry y Carter, 1998) para medir el impacto del fenómeno en la SAN:

- a) Definir el problema
- b) Escoger el método
- c) Probar el método
- d) Seleccionar los escenarios
- e) Evaluar los impactos biofísicos y socioeconómicos
- f) Evaluar los ajustes autónomos
- g) Evaluar las estrategias de adaptación

La mayoría de los estudios sobre las relaciones entre el cambio climático y la SAN se centran en una sola dimensión, principalmente en la producción y la disponibilidad de alimentos, no en toda la cadena alimentaria y nutricional, lo que requiere un enfoque multidisciplinario. Más específicamente, la mayor parte de los esfuerzos de investigación, entre ellos el Quinto Reporte del IPCC, se enfoca en los impactos del cambio climático en la productividad y el rendimiento agropecuarios (disponibilidad de alimentos) utilizando modelos específicos de cultivo (Campbell y otros, 2014).

El impacto del cambio climático en la producción de alimentos incluye una combinación de factores biofísicos que se refleja en las variables meteorológicas (aumento de la temperatura, cambios en los patrones de precipitación y aumentos de los niveles de dióxido de carbono en la atmósfera) y factores socioeconómicos que influyen en la productividad de los cultivos, como los cambios del valor de la tierra, de la oferta y la demanda de alimentos y de la producción y precios de las materias primas (UNFCCC, 2015) (véase el cuadro II.1).

Los efectos de la combinación de estos factores en la disponibilidad de alimentos y en la producción agrícola puede resultar en:

- a) Cambios en la combinación de cultivos y, por lo tanto, en el tipo de agricultura y en el uso de la tierra agrícola.
- b) Cambios en la producción, en los rendimientos, en los ingresos de la finca y en el empleo rural.
- c) Cambios en el ingreso rural, en la contribución de la agricultura al PIB nacional y en las exportaciones agrícolas.

**CUADRO II.1**  
**FACTORES BIOFÍSICOS, ECONÓMICOS Y SECUNDARIOS DEL IMPACTO**  
**DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DE ALIMENTOS**

Factores biofísicos	Factores socioeconómicos y otros factores secundarios
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en las condiciones de crecimiento de cultivos</li> <li>• Cambios en las condiciones óptimas para la producción pecuaria</li> <li>• Cambios en las precipitaciones y la disponibilidad de recursos hídricos</li> <li>• Cambios en plagas agrícolas</li> <li>• Cambios en la fertilidad del suelo y erosión</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambios en los sistemas de producción óptimos</li> <li>• Reubicación de la industria procesadora de productos agrícolas</li> <li>• Aumento del riesgo económico</li> <li>• Pérdida de ingresos rurales</li> <li>• Contaminación a causa de la percolación de nutrientes</li> <li>• Cambios en la biodiversidad</li> <li>• Cambios en los sistemas de producción óptimos</li> <li>• Aumento de la escasez de agua y de la demanda de riego</li> <li>• Aumento del riesgo de salinización de suelos</li> <li>• Contaminación por aumento del uso de pesticidas</li> <li>• Abandono de tierras</li> <li>• Mayor riesgo de desertificación</li> </ul>

Fuente: UNFCCC, 2015.

Los investigadores han elaborado diversas metodologías basadas en análisis cualitativos parciales y en proyecciones de tendencias basadas en modelos cuantitativos fundamentados en datos históricos (McCalla y Revoredo, 2001; Giraldo y otros, 2010). Para analizar los impactos biofísicos del cambio climático se han utilizado los siguientes enfoques (véase el cuadro II.2):

- a) Índices agroclimáticos y sistemas de información georreferenciada (SIG)
- b) Modelos estadísticos y funciones de rendimiento
- c) Modelos basados en procesos

El Compendio de métodos y herramientas para evaluar los impactos de, y la vulnerabilidad y adaptación a, el cambio climático ofrece recursos que se pueden aplicar al sector agrícola (véase el recuadro I.1). De acuerdo con la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), las partes están obligadas a practicar evaluaciones de los impactos del cambio climático a nivel nacional y de sus propias acciones de adaptación y reportarlas en las comunicaciones nacionales. Para ello deben seleccionar sus herramientas conceptuales de una gran cantidad de métodos y fuentes de información.

**CUADRO II.2**  
**RESUMEN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PRINCIPALES MODELOS AGRÍCOLAS**

Tipo de modelo	Descripción y uso	Fortalezas	Debilidades
Índices agroclimáticos y SIG	Basado en combinaciones de factores climáticos para los cultivos. Utilizados en varios estudios de planificación agrícola.	Cálculo simple. Efectivo para la comparación entre regiones o cultivos.	Basados exclusivamente en el clima, carecen de respuestas de manejo y de la consideración de fertilización con carbono.
Modelos estadísticos y funciones del rendimiento	Basados en la relación empírica entre respuestas climáticas y cultivos. Utilizados en el pronóstico de rendimientos para la alerta temprana de hambruna y mercados comerciales.	Las variaciones actuales de cultivos y del clima son bien descritas.	No explican mecanismos causales y pueden no captar las futuras relaciones clima-cultivos o la fertilización con CO <sub>2</sub> .
Modelos de cultivos basados en el proceso	Calculan las respuestas de los cultivos a factores que afectan crecimiento y rendimiento (clima, suelos y manejo). Utilizados por científicos agrícolas para la investigación y el desarrollo.	Basados en el proceso, ampliamente calibrados y validados. Útiles para probar una amplia gama de adaptaciones. Prueban estrategias de mitigación y adaptación de manera simultánea. Disponibles para la mayoría de los cultivos.	Requieren datos desagregados del clima y del manejo agrícola para obtener resultados óptimos.
Herramientas económicas	Calculan el valor de la tierra, los precios de los productos y los resultados económicos para productores y consumidores, con base en datos de producción agrícola.	Útiles para la incorporación de consideraciones financieras y adaptaciones basadas en el mercado.	No todos los sistemas sociales, familias e individuos son correctamente representados. Las alteraciones inducidas por el clima en la disponibilidad de tierras y agua no siempre son tomadas en cuenta. Enfoque sobre el comportamiento de maximización de ganancia y utilidad. Los modelos son complejos y requieren muchos datos.

Fuente: UNFCCC, 2015.

Además de las herramientas del compendio existen modelos más recientes elaborados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y el International Food Policy Research Institute (IFPRI). Por ejemplo, el Sistema de Modelización de Impactos Agrícolas del Cambio Climático (MOSAICC, por sus siglas en inglés) desarrollado por la FAO en el marco del Programa Comisión Europea-FAO sobre la vinculación de la información con la toma de decisiones para mejorar la seguridad alimentaria, evalúa el posible impacto del cambio climático en la agricultura y estima que la producción será afectada por factores climáticos, fisiológicos, tecnológicos, hidrológicos y económicos, cuya interacción se volverá más compleja.

**RECUADRO I.1**  
**HERRAMIENTA DEL COMPENDIO DE MÉTODOS Y HERRAMIENTAS DE LA UNFCCC**  
**SOBRE IMPACTOS EN EL SECTOR AGRÍCOLA**

El objetivo del Compendio sobre métodos y herramientas para evaluar los impactos de y la vulnerabilidad y adaptación a, el cambio climático de la CMNUCC es asistir a las partes y otros potenciales usuarios en seleccionar las metodologías más apropiadas de evaluación de impactos y vulnerabilidad, y prepararse para adaptarse al cambio climático.

- APSIM (Agricultural Production System, Simulador de Sistemas de Producción Agrícola)
- WOFOST
- ACRu (Agricultural Catchments Research Unit, Unidad de Investigación de Captación Agrícolas)
- Modelos de procesos de cultivos y suelos: CENTURY
- ORYZA 2000
- Sistema de Información y apoyo a las decisiones para los Estudios del Cambio Climático en el Sureste de América del Sur (IDSS-SESA Cambio Climático)
- Sistemas de apoyo a las decisiones con vínculos entre los índices agroclimático y escenarios sobre el cambio climático originados por los modelos de circulación general.
- Modelo de Adaptación Agrícola a las Variaciones Climáticas (MAACV)
- Índice de riesgo relativo (RRI)
- Apoyo Gubernamental a la Agricultura por Pérdidas Ocasionadas por la Variabilidad Climática
- AgroMetShell
- Cartografía Agroclimática del Estrés Hídrico
- Local Climate Estimator (New-LocClim)
- FAOclim 2.0
- CLIMWAT 2.0
- CM Box
- CLOUS (Climate Outlook and Agent-based Simulation of Adaptation in Africa, Perspectivas climáticas y simulación de adaptación basada en agentes en África)
- CRAM (Canadian Regional Agriculture Model, Modelo Agrícola Regional Canadiense)
- Modelo de irrigación: AquaCrop
- Modelo de irrigación: CROPWAT
- Modelos de procesos de cultivos: Sistema de apoyo a las Decisiones de Transferencia Agroecológica (DSSAT) desarrollado por el consorcio internacional para la Aplicación de Enfoques de Sistemas a la Agricultura (ICASA)
- Modelos de procesos de cultivos: General-Purpose Atmospheric Plant Soil Simulator (GAPS 3.1)
- Modelos de procesos de cultivos: Calculador de Impacto Erosión-productividad (EPIC)
- Modelos de procesos de cultivos: Alfaalfa 1.4
- Modelos de procesos de cultivos: AFCR-Wheat
- Modelos de procesos de cultivos: RICEMOD
- Modelos de procesos de cultivos: GOSSYM/COMAX
- Modelos de procesos de cultivos: GLYCIM
- Modelos económicos: modelos econométricos (Ricardianos y funciones de producción)
- Modelos económicos: Modelo Input-Output (con INPLAN)
- Modelos económicos: modelos de equilibrio general (GTAP)
- Modelos económicos: métodos estadísticos de respuesta del rendimiento (modelo ClimateCrop).

**Fuente:** UNFCCC (2008).

MOSAICC se conforma de los siguientes componentes: a) clima, es decir, la preparación de los datos estimados por los escenarios climáticos a una escala adecuada para la toma de decisiones nacionales; b) hidrología, que consiste en la evaluación de los recursos hídricos de acuerdo con las proyecciones climáticas futuras; c) cultivos, componente basado en la estimación del volumen de cosechas de acuerdo con las proyecciones climáticas futuras y los escenarios del progreso tecnológico y, d) economía, que se centra en la evaluación económica de los impactos que el cambio climático podría ocasionar en los cultivos, considerando las proyecciones de los recursos hídricos. La conjugación de estos factores tiene el fin de lograr una evaluación tan integral como sea posible y aumentar la resolución de los escenarios climáticos (FAO, 2013).

Otro instrumento desarrollado recientemente es el Modelo Internacional para el Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario (IMPACT, por sus siglas en inglés), que arroja un análisis integral de los retos y oportunidades de la SAN, la agricultura y los recursos naturales a escalas global y regional. Está conformado por los siguientes componentes interconectados: a) modelos climáticos, b) modelos hídricos, c) demanda hídrica, d) modelación de cultivos, e) modelos de cadenas de valor; f) modelos de nutrición y salud; g) modelos de uso de suelo, y h) modelación multimercado. Este último es el componente central y consiste en información sobre producción, comercio, demanda y precios globales y nacionales de los productos agropecuarios en 159 países (Robinson y otros, 2015).

Aunque hayan sido desarrolladas numerosas herramientas que integran diferentes modelos para analizar el impacto del cambio climático en la SAN, hace falta la elección de una metodología orientada a conocer los impactos en todas las dimensiones de la SAN y capaz de representar de manera coherente las principales relaciones causales del sistema alimentario y nutricional de forma comprensiva y dinámica. A continuación se presentan algunas propuestas que, de acuerdo con las instituciones regionales que analizan el tema, podrían ayudar a medir el impacto del cambio climático sobre la SAN en los países del SICA.

## B. MÉTODOS PROPUESTOS POR LA FAO<sup>9</sup>

### I. La FAO, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN)

La FAO cuenta con cinco ODS que guían su mandato: ayudar a eliminar el hambre, la inseguridad alimentaria y la malnutrición en todas sus formas; hacer que la agricultura, la actividad forestal y la pesca sean más sostenibles y productivas; reducir la pobreza rural; propiciar sistemas agrícolas y alimentarios inclusivos y eficientes; e incrementar la resiliencia de los medios de vida ante las amenazas y crisis. Tomando en cuenta su mandato y capacidades, la FAO es propuesta como la agencia de las Naciones Unidas que custodie 21 indicadores de los ODS (ODS 2, 5, 6, 12, 14, y 15) y como agencia colaboradora para seis más. En el cuadro II.3 se detallan los 21 indicadores bajo custodia de la FAO.

---

<sup>9</sup> Esta sección fue tomada de la presentación de Tito Díaz, Coordinador Subregional de la FAO para Mesoamérica en el Seminario sobre Metodologías para el análisis de los potenciales impactos del cambio climático sobre la SAN en los países del SICA. En su elaboración participaron Israel Ríos, oficial de nutrición de la FAO para América Latina y el Caribe, Óscar Rojas, oficial de Recursos Naturales-Agrometeorología de la FAO, Lucio Santos, oficial forestal de la FAO y coordinador REED+LAC, Yerania Sánchez, del Centro de Inversiones de la FAO, Mariana Estrada y Rosana Martín, especialistas en comunicación de la FAO.

**CUADRO II.3**  
**INDICADORES DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS) BAJO CUSTODIA DE LA FAO**

ODS	Indicadores	Nivel
	2.1.1 Prevalencia de subnutrición	1
	2.1.2 Prevalencia de inseguridad alimentaria moderada o severa en la población, basada en la Escala de Experiencia en Inseguridad Alimentaria (FIES)	1
	2.3.1 Volumen de producción por unidad de trabajo de acuerdo con el tamaño de la empresa agropecuaria/pastoral/silvícola	3
	2.3.2 Ingresos medios de los productores de alimentos a pequeña escala, por sexo y condición de indígena	3
	2.4.1 Proporción de superficie agrícola cultivada siguiendo prácticas agrícolas sostenibles	3
	2.5.1 Número de recursos genéticos vegetales y animales para la alimentación y la agricultura garantizados en instalaciones de conservación a medio y largo plazo	3
	2.5.2 Proporción de cultivos y razas locales y sus variedades silvestres, clasificadas como de riesgo, ausencia de riesgo o de riesgo desconocido de extinción	2
	2.a.1 Índice de orientación agrícola para gastos gubernamentales	1
	2.c.1 Indicador de anomalías de precios de los alimentos	2
		5.a.1 (a) Porcentaje de personas con derechos de propiedad sobre la tierra agrícola (de la población agrícola total) por sexo; y (b) participación de las mujeres entre los propietarios o titulares de derechos de tierras agrícolas por tipo de tenencia
5.a.2 Porcentaje de países en los que el marco jurídico (incluido el derecho consuetudinario) garantiza la igualdad de derechos de las mujeres a la propiedad y/o control de la tierra		2
	6.4.1 Cambio en la eficiencia del uso del agua en el tiempo.	3
	6.4.2 Nivel de estrés hídrico: extracción de agua dulce como proporción de los recursos de agua dulce disponibles	1
	12.3.1 Índice de la pérdida mundial de alimentos	3

(continuación)

Cuadro II.3 (conclusión)

ODS	Indicadores	Nivel
	14.4.1 Proporción de poblaciones de peces dentro de niveles biológicamente sostenibles	1
	14.6.1 Progresos realizados por los países en el grado de aplicación de instrumentos internacionales destinados a combatir la pesca ilegal, no declarada y no reglamentada	3
	14.7.1 Pesca sostenible como porcentaje del PIB en los pequeños Estados insulares en desarrollo, países menos adelantados y todos los países	3
	14.b.1 Progresos realizados por los países en la adopción y aplicación de un marco jurídico, reglamentario, político e institucional que reconozca y proteja los derechos de acceso a la pesca artesanal	3
	15.1.1 Superficie forestal como porcentaje de la superficie total	1
	15.2.1 Progresos hacia la ordenación forestal sostenible	2
	15.4.2 Índice de cobertura verde en montaña	2

Fuente: FAO, 2017a.

## 2. La medición de la SAN

La prevalencia de la subalimentación fue el indicador de la meta 1.C de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) y es uno de los dos indicadores del ODS 2, particularmente la meta 2.1.1 de los ODS. La subalimentación se publica desde 1999 en el reporte anual *El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo* de la FAO, el anuario sobre indicadores de hambre más consultado en el mundo. A partir de 2017 se publica como *El estado de la inseguridad alimentaria y nutricional en el mundo*.

La medición de la SAN puede llevarse a cabo por diversos métodos. Tomando en consideración las experiencias o las consecuencias de la inseguridad alimentaria en categorías leve, moderada y severa hay una amplia gama de aproximaciones. Por ejemplo, para estimar la prevalencia de la inseguridad alimentaria, el proyecto “Voices of the Hungry” (VoH) de la FAO elaboró la herramienta Escalas Basadas en Experiencias de Inseguridad Alimentaria (FIES, por sus siglas en inglés)<sup>10</sup>. Con la FIES se recopila información sobre el acceso a la alimentación recogiendo directamente las experiencias de individuos. La FIES fue diseñada para complementar la medición de la inseguridad alimentaria por otros métodos (véase el diagrama II.1). Otra herramienta basada en la experiencia a la inseguridad alimentaria de los hogares es la Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria (ELCSA), que clasifica la severidad de la inseguridad alimentaria en leve, moderada y severa.

<sup>10</sup> Más información en <http://www.fao.org/in-action/voices-of-the-hungry/background/es/>



Fuente: FAO, 2017b.

Estas escalas son útiles para ser implementadas en sistemas nacionales de alerta temprana y en otro tipo de instrumentos para la gestión del riesgo. Cuando estas mediciones son empleadas para informar sobre políticas públicas, permiten una mejor focalización hacia los grupos más vulnerables con el fin de potenciar la efectividad de programas encaminados a fortalecer la resiliencia. Entre sus ventajas está la fácil aplicación a un bajo costo.

### 3. Los impactos del cambio climático en la SAN y las metodologías para su análisis

La agricultura y en general los sistemas alimentarios son altamente vulnerables ante el cambio climático. El cambio climático impacta a los sistemas alimentarios, comenzando por la producción agrícola, que incluye todos los subsectores: agricultura, ganadería, bosques, pesca y acuicultura, y que tienen implicaciones sociales y económicas de mayor magnitud y tocan todos los ámbitos de la SAN en un efecto cascada.

De acuerdo con la FAO, el cambio climático impacta en las cuatro dimensiones de la SAN por distintas vías. Como se muestra en el diagrama II.2, los impactos pueden ser directos (líneas continuas) e indirectos (líneas discontinuas). Por ejemplo, los impactos en los rendimientos de cultivos afectan directamente la disponibilidad de alimentos e indirectamente el acceso a ellos; el aumento de precios de los alimentos impacta de manera directa en el acceso e indirectamente en la estabilidad de la SAN. Por su parte, los cambios en los patrones alimentarios impactan directamente en el componente de utilización; y el cambio de uso de suelos y la degradación de los ecosistemas impactan directamente en la disponibilidad de alimentos con un impacto indirecto en el acceso por los ingresos que podrían proporcionar por los diversos sistemas alimentarios.

La transmisión de efectos puede ser mayor o menor, dependiendo de la vulnerabilidad y de las medidas de acción implementadas para fortalecer la resiliencia de los sistemas agroalimentarios y de la SAN. En este sentido, es esencial contar con marcos regulatorios y políticas públicas basados en una mejor comprensión de los riesgos climáticos y que faciliten la acción climática.

La FAO señala que existen diversas herramientas para apoyar el análisis de los posibles impactos del cambio climático en los sistemas agroalimentarios y en ámbitos de la SAN. Algunas de las herramientas incluyen escenarios de cambio climático. Otras herramientas permiten contar con observaciones en series de tiempo suficientemente largas como para permitir su aplicación a la gestión del riesgo agroclimático. Estas cubren en su mayoría variables dentro de las dimensiones de la SAN relativas a acceso, disponibilidad y estabilidad, pero se reconoce la necesidad de ampliar la investigación y conocimiento sobre las implicaciones en utilización biológica.

**DIAGRAMA II.2**  
**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO POR DIMENSIONES**  
**DE LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL**



Fuente: FAO (2017a).

A continuación se resumen algunas de las herramientas que han sido aplicadas o tienen potencial aplicación en los países del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) como región. Se pretende dar un panorama resumido pero diverso de metodologías y herramientas disponibles<sup>11</sup>. Algunas implican una mayor dedicación de tiempo y recursos así como revisiones conforme haya cambios significativos en los supuestos empleados para la modelación de los impactos del cambio climático (como es el caso del Sistema de Modelización de los Impactos del Cambio Climático, MOSAICC) mientras que otras, como las basadas en información geoespacial, tienen una aplicación práctica con un bajo costo y en tiempo reducido, además de que se actualizan de manera automática, tales como el Sistema de Monitoreo de la Sequía Agrícola (Agriculture Stress Index System, ASIS). Si bien todas son relevantes, la selección depende de las necesidades, intereses y contexto del país/región en que será aplicada.

<sup>11</sup> Más información sobre estas y otras herramientas puede ser consultada en <http://www.fao.org/climate-change/es/> y en <http://www.fao.org/giews/es/>

## Metodología I: Sistema de Modelización de los Impactos del Cambio Climático en la Agricultura (MOSAICC)

El MOSAICC está diseñado para ejecutar evaluaciones interdisciplinarias del impacto del cambio climático en la agricultura a través de simulaciones. Sus componentes principales son un portal estadístico para relacionar los datos del Modelo de Circulación General o Modelo de Clima Global (GCM) con los datos de las estaciones meteorológicas; un modelo hidrológico que estima los recursos para el riego agrícola en las cuencas principales; dos modelos de cultivo basados en el balance hídrico para simular el rendimiento de los cultivos en escenarios de cambio climático; y un modelo para evaluar el efecto del cambio en los rendimientos de las economías nacionales. Su aplicación permite una mejor integración de la información científica en el diseño de proyectos de desarrollo agrícola y en la toma de decisiones o formulación de políticas del sector. MOSAICC cuenta con cuatro módulos de análisis:

- a) Clima: adaptación de los datos estimados por los escenarios climáticos a una escala apta para la toma de decisiones a nivel nacional.
- b) Hidrología: evaluación de la disponibilidad futura de recursos hídricos de acuerdo con las proyecciones climáticas futuras.
- c) Cultivos: estimación del rendimiento de cosechas de acuerdo con las proyecciones climáticas futuras y los escenarios del progreso tecnológico.
- d) Economía: evaluación económica de los posibles impactos del cambio climático en los cultivos, considerando las proyecciones de los recursos hídricos.

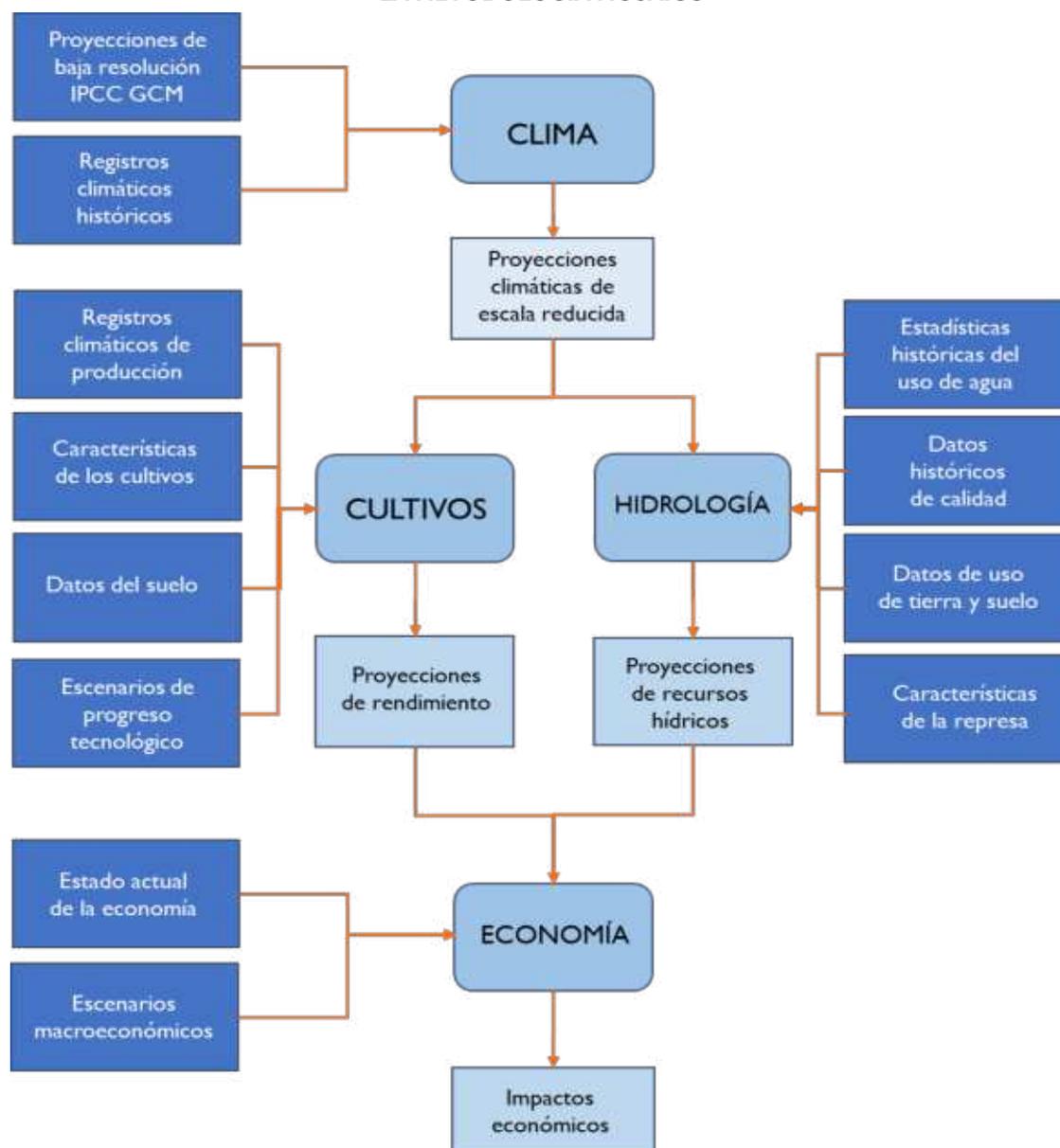
Estos cuatro componentes se entrelazan con el fin de completar las diferentes etapas de la evaluación del impacto del cambio climático. Los usuarios de esta metodología pueden gestionar el flujo y la producción de datos de acuerdo con su especialización (véase el diagrama II.3).

Cada módulo incluye instrumentos específicos (FAO, 2011):

- a) Módulo clima: contiene el portal estadístico de reducción de escala (portal SD). Para aumentar la resolución de los escenarios climáticos (*downscaling*) se adaptó el portal del proyecto *ensembles* de la Unión Europea.
- b) Módulos hidrología y cultivos: emplean instrumentos como AQUACROP, modelo de la misma FAO que estima la productividad de los cultivos con relación al suministro de agua, cantidad de CO<sub>2</sub> y la gestión agronómica. Todo lo anterior con fundamento en los conceptos recientes de fisiología de las plantas, tomando en cuenta el balance de agua en el suelo; WABAL, modelo de balance hídrico que forma parte de la herramienta AgroMetShell, utilizada para la predicción de cosechas; STREAM, modelo de escorrentía que simula la tasa de caudal en zonas de captación extensas; más otras herramientas para interpolar datos (*kriging*, AURELHY), estimar la evapotranspiración de referencia y fecha de siembra de los cultivos anuales y la duración del período de cultivo.
- c) Módulo economía: emplea el modelo de Equilibrio General Computable (CGE) dinámico para simular la futura evolución de la economía nacional debido a los cambios provocados por las fluctuaciones de producción agrícola, fluctuaciones dependientes de los escenarios de cambio climático, cuyo conocimiento es útil para definir las opciones de respuesta política.

MOSAICC ha sido aplicado en diversos países a nivel global, principalmente a partir de fondos de cooperación, dado su alto requerimiento de acompañamiento técnico multidisciplinario. Un ejemplo de su aplicación a través de fondos del Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca de Japón (programa conocido como Evaluación de los Impactos del Cambio Climático y Mapeo de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria [AMICAF]) son los casos de las Filipinas, el Perú, Indonesia y el Paraguay<sup>12</sup>.

**DIAGRAMA II.3  
LA METODOLOGÍA MOSAICC**



**Fuente:** FAO. Véase [en línea] <http://www.fao.org/climatechange/mosaicc>.

Nota: Los cuadros color marrón oscuro representan la entrada de datos; los cuadros color marrón claro representan la salida de datos.

<sup>12</sup> Para más información véase <http://www.fao.org/in-action/mosaicc/en/>

## **Metodología II: Evaluación de los Impactos del Cambio Climático y Mapeo de la Vulnerabilidad a la Inseguridad Alimentaria (AMICAF)**

AMICAF es una evaluación multidisciplinaria de los cuatro componentes principales de la SAN, enfocada en los impactos del cambio climático y la planificación para la adaptación. Apoya a tomadores de decisiones en planificación estratégica e inversiones y es financiada por el Ministerio de Agricultura, Silvicultura y Pesca de Japón. Una primera fase de AMICAF fue implementada en las Filipinas y el Perú, y una segunda en Indonesia y el Paraguay.

Con este método se evaluó el impacto del cambio climático en 16 cuencas y 16 cultivos del Perú analizando los factores de vulnerabilidad de la seguridad alimentaria de los hogares rurales para 2050. El impacto del cambio climático en el escenario RCP8.5 indica un aumento de la vulnerabilidad de la seguridad alimentaria en 0,81% que es pequeño debido a que esta vulnerabilidad está determinada fundamentalmente por factores estructurales más que climáticos (FAO, 2017c).

## **Metodología III: Análisis y Medición del Índice de Resiliencia (RIMA II)**

Con este método se estima cuantitativamente la resiliencia de las familias a la inseguridad alimentaria, considerando los cuatro componentes. RIMA II se compone de dos partes, una directa o descriptiva y una indirecta o inferencial. El enfoque directo calcula el índice de capacidad de resiliencia (RCI) y la matriz de estructura de resiliencia (RSM). El enfoque indirecto examina los determinantes de la pérdida y la recuperación de la seguridad alimentaria. RIMA II ha sido validado como buen predictor de la seguridad alimentaria en muchos estudios de caso. Otros análisis indican que el RCI está ampliamente correlacionado con la seguridad alimentaria y otros indicadores de pobreza (FAO, 2016b). En Centroamérica se encuentra en proceso un proyecto piloto de aplicación de esta metodología.

## **Metodología IV: Hadley Global Environment Model**

Es una herramienta para modelar la distribución de las razas ganaderas en diferentes condiciones climáticas, por lo que puede hacer proyecciones del impacto del cambio climático. Además, las razas ganaderas criadas en un entorno de producción dado durante un período largo tienden a adquirir características que les permiten prosperar en las condiciones locales y cumplir las necesidades de las personas que las crían. El factor clima es fundamental para la ganadería extensiva en el entorno de producción. Por tanto, en la ganadería extensiva, cuando las condiciones climáticas cambian rápidamente se puede romper el vínculo adaptativo entre una población ganadera y su entorno de producción local.

El Hadley Global Environment Model usa información de 8.800 razas de ganado registradas en el Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales Domésticos (DAD-IS). Esta información es utilizada para modelar las áreas actualmente adecuadas a los cuales se adapta la ganadería, esto es, usando parámetros de humedad, con el fin de obtener áreas adecuadas en condiciones futuras. Los hábitats futuros se modelan con el Hadley Global Environment Model 2. Sus resultados pueden contribuir a la toma de decisiones más informadas en la actividad (FAO, 2017d).

### **Metodología V: Sistemas nacionales de monitoreo forestal (REDD+)**

Los sistemas nacionales de monitoreo forestal construidos bajo el proceso de preparación para la implementación de acciones de mitigación en el sector forestal (REDD+) son una herramienta de evaluación del riesgo climático por las emisiones asociadas a la deforestación o degradación de los bosques, de acuerdo con las orientaciones de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC) y las buenas prácticas del IPCC. REDD+ realiza actividades forestales voluntariamente implementadas por países en desarrollo que pueden, individualmente o en asociación, conducir a una mitigación significativa del cambio climático. REDD+ fue introducida en la agenda de la CMNUCC en 2005, y adoptada por los países en la Conferencia de las Partes en Cancún en 2010.

De acuerdo con el Quinto Reporte del IPCC, la conversión de bosques y ecosistemas naturales a otros usos contribuyó con el 17% al 20% de las emisiones totales de GEI en la década de 1990, y es la causa principal de las pérdidas de biodiversidad y ecosistemas en América Latina. El mismo reporte recomienda que las políticas de agricultura y de conservación y gestión forestal consideren metas de mitigación y adaptación. Una de las políticas más visibles en el sector de agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU por sus siglas en inglés) es la implementación de REDD+, ya que puede representar una opción costo-efectiva de mitigación con beneficios económicos, sociales y otros beneficios ambientales (por ejemplo, conservación de la biodiversidad y los recursos hídricos) (UN-REDD, 2017).

Uno de los resultados de la implementación de REDD+ son medidos contra el nivel de referencia (FRL), expresado en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por año y construido a partir de datos históricos de pérdida/ganancia de cobertura forestal y de estudios de las causas y agentes que la generan. Esto es útil para desarrollar políticas, acciones o medidas (PAMs) que luego se integran en una estrategia nacional o plan de acción para reducir las tasas de deforestación y las emisiones asociadas con respecto al promedio histórico.

Alrededor de 25 países con bosques tropicales han presentado sus proyecciones de deforestación (nivel de referencia) a la CMNUCC; un alto porcentaje de ellos ha recibido apoyo de la FAO para elaborar esta proyección siguiendo el marco lógico para la estimación de emisiones futuras. Esta herramienta puede contemplar efectos en los componentes de disponibilidad y estabilidad de la SAN.

### **Metodología VI: El sistema de monitoreo de la sequía agrícola (ASIS)**

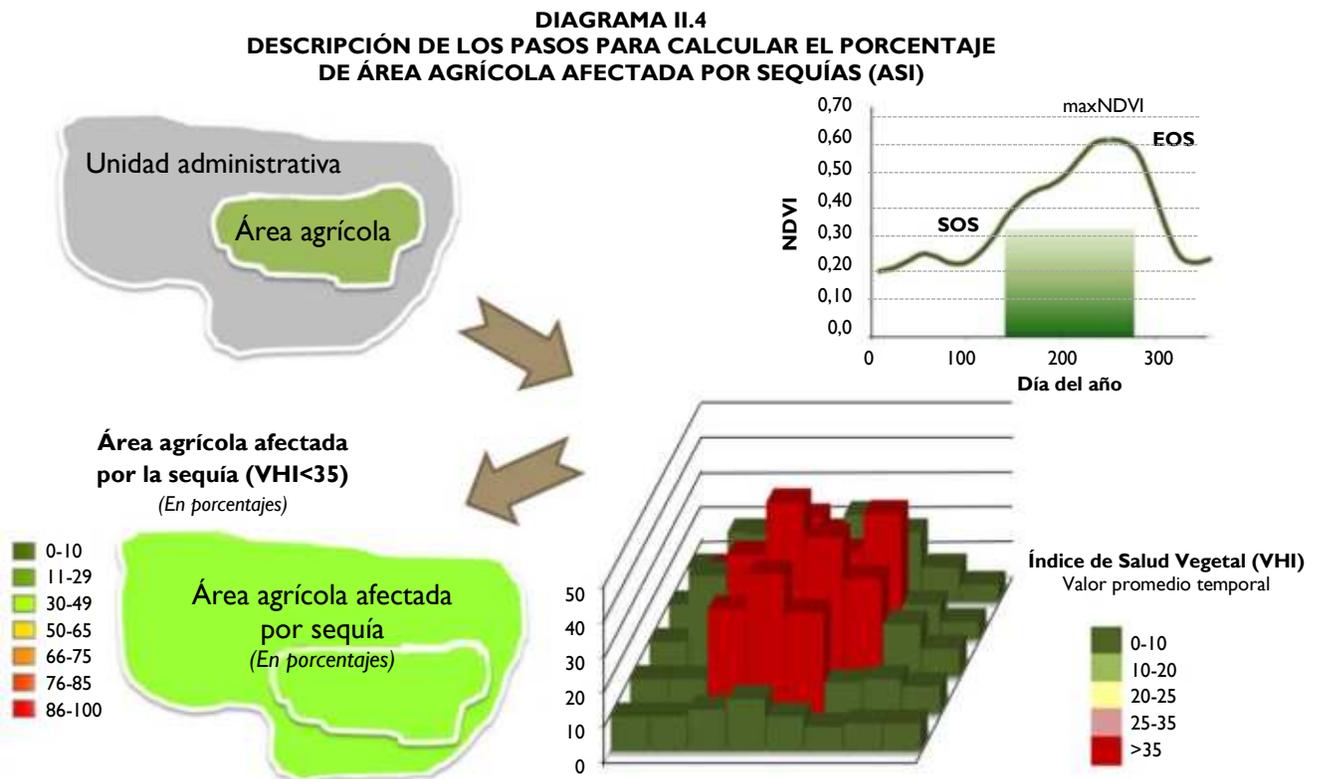
El sistema del índice de estrés agrícola (ASIS), también de la FAO, mide la severidad de las sequías en la agricultura con variables que inciden en la disponibilidad y estabilidad, utilizando datos satelitales para detectar puntos calientes donde los cultivos pueden ser afectados por la sequía. En Centroamérica está en marcha un estudio con ASIS para estimar el comportamiento futuro de granos básicos (arroz, maíz, frijol y sorgo) (FAO, 2017e).

ASIS-País fue creado para apoyar a los países en el fortalecimiento de sus sistemas de monitoreo de alerta temprana de la sequía en la agricultura. La herramienta, una vez calibrada con información de terreno (mapas de uso actual de suelo, fechas de siembra, duración del ciclo del cultivo y coeficientes de cultivo), ofrece una mayor precisión que la herramienta global para detectar los períodos de estrés hídrico en cultivos. Los resultados finales se resumen en mapas de fácil

interpretación para los tomadores de decisión para que se implementen a tiempo las actividades de mitigación de la sequía en la agricultura. Estos resultados también son útiles para guiar las inversiones públicas como la cosecha de agua, riego, reservas de agua, entre otros, dado que ASIS-País identifica las unidades administradas que presentan mayor probabilidad de ocurrencia de sequía.

El primer paso de ASIS es calcular el promedio de índice de salud vegetal (VHI, Vegetal Health Index, por sus siglas del inglés) conforme avanza el desarrollo del cultivo (escala temporal), lo que permite evaluar la intensidad y duración de los períodos secos dentro del ciclo de cultivo a nivel del pixel. ASIS se basa en la información del satélite METOP-AVHRR a una resolución de 1 km. El satélite registra las condiciones climáticas que son necesarias para el desarrollo del cultivo (temperatura de la cobertura vegetal y la producción de biomasa).

El segundo paso es el cálculo del porcentaje de área agrícola afectada por sequía (píxeles con  $VHI < 35$ , un valor identificado como crítico en estudios previos) para evaluar la extensión del fenómeno (escala espacial). Finalmente, el área administrativa es clasificada de acuerdo con el porcentaje de área afectada (véase el diagrama II.4). En agricultura, es importante enfocarse durante los períodos más sensibles al estrés hídrico como la floración y el llenado del grano. ASIS evalúa la severidad (intensidad, duración y extensión espacial) de la sequía agrícola y presenta los resultados finales a nivel administrativo, que permite compararlos con las estadísticas agropecuarias del país (FAO, 2017f).



Fuente: FAO, 2017f.

## Aplicaciones potenciales de ASIS-País

La FAO (2017f) ha identificado que ASIS-País puede ser utilizado como:

- a) Un sistema de vigilancia y alerta temprana para la sequía agrícola.
- b) Detonador para la implementación de las actividades de mitigación incluidas en los planes nacionales de sequía.
- c) Detonador para el pago de la indemnización de un seguro indexado.
- d) Variable independiente para construir modelos de predicción de rendimientos.
- e) Predictor de las áreas afectadas por sequía en forma probabilística.
- f) Para realizar estudios específicos con relación al fenómeno de El Niño o para guiar las inversiones públicas en infraestructura que mitigue los impactos de la sequía en agricultura.

## C. MÉTODOS PROPUESTOS POR CGIAR-CCAFS<sup>13</sup>

Los vínculos entre el mejoramiento de la SAN y la reducción de la pobreza mediante el aumento de la productividad, la capacidad de participación económica y el desarrollo cognitivo son ampliamente reconocidos (World Bank, 2006; IFPRI, 2015). Dada su alta rentabilidad económica, las actividades económicas relacionadas con la nutrición destacan entre las prioridades de inversión para el desarrollo global (World Bank, 2006). Al mismo tiempo, existe una fuerte evidencia de que la reducción de la pobreza es una estrategia clave para mejorar la nutrición (Headey, 2013). Este círculo virtuoso es considerado esencial para alcanzar el desarrollo sostenible (IFPRI, 2015). Por su parte, los impactos actuales y futuros del cambio climático en la región afectarán el sistema alimentario y nutricional a través de múltiples vías y generarán presión sobre la SAN de la población.

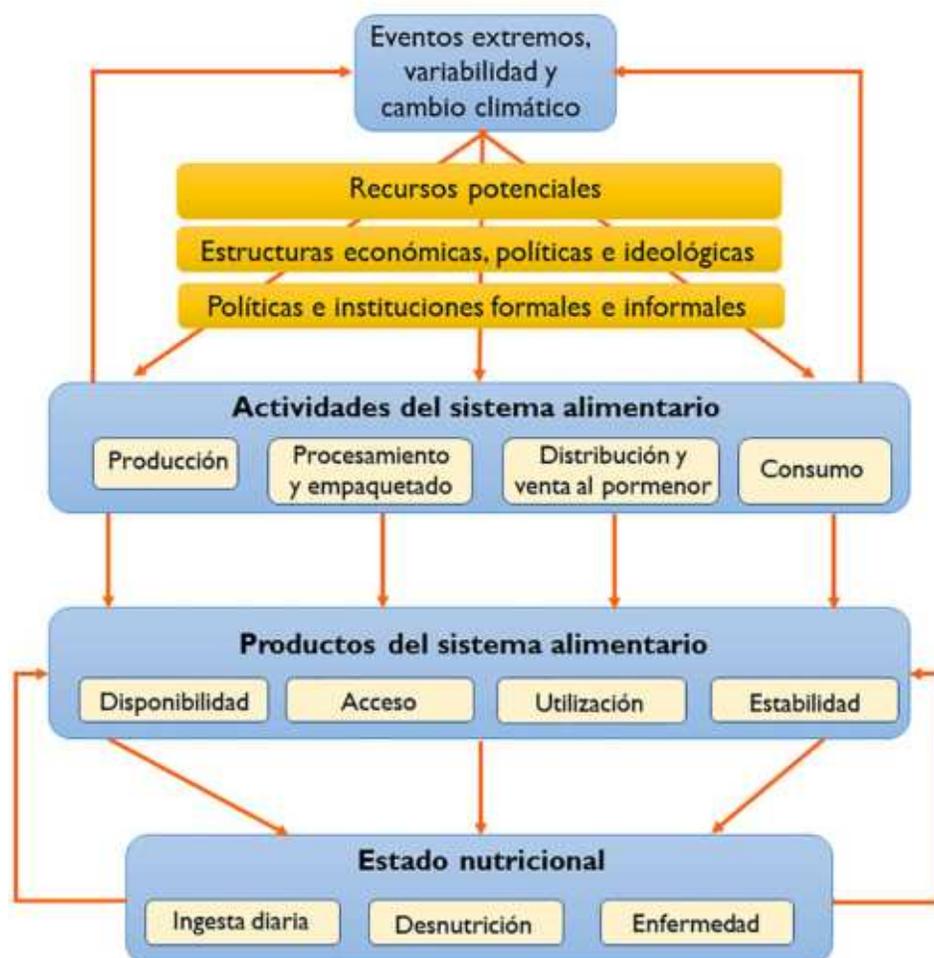
Actualmente no hay consenso ni marcos de análisis exhaustivos para evaluar el impacto del cambio climático en la SAN. En el diagrama II.5 se muestra un marco en proceso de revisión por el programa de investigación del CGIAR en cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria (CCAFS/CGIAR, por sus siglas en inglés) (adaptado de Tirado y otros, 2015; y Ericksen, 2007). Existen otros marcos analíticos que también pueden resultar útiles (véase, por ejemplo, Thomson y Fanzo, 2015). Un marco de análisis útil debe comprender las múltiples interacciones entre el cambio climático y la SAN de una manera integral, y apoyar indicadores que permitan el monitoreo y la evaluación del estado de la nutrición.

En el marco de análisis del diagrama II.5 se asume el supuesto de que los eventos extremos, la variabilidad climática y el cambio climático afectan al sistema alimentario y nutricional a lo largo de toda la cadena: producción, procesamiento y envasado, distribución y venta al por menor y consumo. El tamaño y las consecuencias de los impactos en cada fase se relacionan con los recursos disponibles de los países, comunidades, hogares e individuos, junto con los contextos políticos y económicos, las

<sup>13</sup> Esta sección fue elaborada por Laura Cramer (ILRI), Sophia Huyer, Angela Lavado (CIAT), Ana María Loboguerrero (CIAT), Deissy Martínez-Barón (CIAT), Mary Nyasimi, Timothy Thomas (IFPRI), Philip Thornton (ILRI), Jacob van Etten (Biodiversity) y Mark van Wijk (Biodiversity) del Programa de investigación del CGIAR en cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria (CGIAR-CCAFS) (Cramer y otros, 2017). El trabajo de CGIAR/CCAFS ha sido desarrollado como parte del Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CCAFS), llevado a cabo con apoyo de los donantes del Fondo CGIAR y a través de acuerdos bilaterales de financiación. Para mayores detalles visite <https://ccafs.cgiar.org/es/donantes>. Las opiniones expresadas en este documento no pueden ser tomadas como opiniones oficiales de estas organizaciones.

políticas formales e informales y las instituciones existentes que puedan aumentar la capacidad de adaptación. En este marco también se considera que los choques, las tendencias y la estacionalidad del clima influyen en la desnutrición y sus causas (Tirado y otros, 2015).

**DIAGRAMA II.5**  
**IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE EL SISTEMA ALIMENTARIO Y NUTRICIONAL**



Fuente: CGIAR/CCAFS, 2016, adaptado de Tirado y otros, 2015, y Ericksen, 2007.

Los impactos de los fenómenos climáticos extremos y de la variabilidad del clima en la producción de alimentos están relacionados directamente con el aumento de la temperatura, los cambios en los niveles de precipitación y fenómenos extremos cada vez más frecuentes e intensos como huracanes, tormentas tropicales, inundaciones y sequías. Los impactos de estos fenómenos se verán agravados por sus efectos en la propagación de plagas y enfermedades de plantas y animales. Se esperan también efectos en el almacenamiento de alimentos, principalmente de los pequeños agricultores, quienes enfrentarán dificultades y pérdidas poscosecha. Los agronegocios también podrían verse obligados a adaptar sus sistemas de transporte y procesamiento para hacer frente a las temperaturas más elevadas y al deterioro más rápido de los productos.

Asimismo, se podrían ver afectadas las actividades de distribución y venta que dependen de la infraestructura carretera, portuaria y aérea, y que es vulnerable a los fenómenos climáticos extremos. Por su parte, los consumidores pueden verse afectados por los aumentos de precios que

resultan de la disminución de la producción o de las alteraciones de las otras fases de la cadena. Las actividades del sistema agroalimentario, a su vez, también influyen en el cambio climático a través de las emisiones de GEL, que podrían ser disminuidas mediante cambios en las prácticas agropecuarias y en el equipo de transporte de alimentos, entre otros.

Los cambios en las actividades del sistema alimentario y nutricional traen a su vez consecuencias para el sistema mismo y abarcan todas las dimensiones de la SAN. Como se ha mencionado, se prevé que los rendimientos de muchos cultivos disminuyan por el aumento de la temperatura y los cambios en los niveles y patrones de precipitación. El efecto obvio de estos cambios es su impacto en el componente de disponibilidad de la SAN por la reducción de la producción.

Además, el acceso a los alimentos podría estrecharse por la disminución del ingreso de los hogares rurales. Los aumentos de precios podrían perjudicar también a la población pobre urbana al obligarla a gastar una mayor proporción de su ingreso en alimentos. La dimensión de utilización podría verse afectada por la reducción del valor nutritivo de los alimentos y de su inocuidad y por la ingesta de dietas menos balanceadas.

Finalmente, la estabilidad de la SAN se vería impactada por las estaciones secas más largas y por las posibles interrupciones de las comunicaciones y transporte por las inundaciones. Todos estos cambios podrían influir en el aumento de la mortalidad, la morbilidad y las discapacidades a corto plazo, y en la disminución de las capacidades intelectuales y de la productividad económica a largo plazo, así como en el aumento de las enfermedades metabólicas y cardiovasculares (Tirado y otros, 2015).

## I. Hacia las métricas de seguridad alimentaria y nutricional

El Marco de Estrategia y Resultados del CGIAR (CGIAR/CCAFS, 2015) se orienta hacia la búsqueda de un sistema alimentario y nutricional global más productivo, carbono neutral y proveedor de opciones nutritivas a precios asequibles. Dicho marco responde a los ODS, en específico al ODS 2, hambre cero, en el que el CGIAR definió cuatro metas hacia 2022 y 2030:

- a) Mejorar la tasa de incremento del rendimiento de los cultivos básicos, de la actual de <1% a 1,2%-1,5% por año para 2022 (<2% a 2,5% por año para 2030).
- b) Garantizar los requisitos mínimos de energía alimentaria a 30 millones de personas más en 2022 (150 millones de personas más en 2030), de las que el 50% deben ser mujeres.
- c) Garantizar el suministro de los micronutrientes esenciales (hierro, zinc, yodo, vitamina A, ácido fólico y vitamina B12) para 150 millones de personas en 2022 (500 millones de personas más en 2030), de las que el 50% deben ser mujeres.
- d) Reducir en un 10% en 2022 (en 33% en 2030) el número de mujeres en edad reproductiva que estén consumiendo menos del número adecuado de grupos de alimentos saludables.

El CGIAR está contribuyendo a la mejora de las dietas de las personas pobres y vulnerables mediante la colaboración con organizaciones en múltiples escalas que diseñan y ponen en práctica planes y aumentan la inversión con el fin de mejorar el acceso a dietas diversas y localmente aceptables. Muchos de los indicadores para dar seguimiento a estas metas ya están siendo recolectados de forma regular a nivel nacional por diferentes organizaciones y organismos.

### a. Áreas de especialidad del CCAFS

El CCAFS trabaja en coordinación con los 15 centros internacionales de investigación agropecuaria del CGIAR y múltiples socios globales, regionales y locales. Sus objetivos son alcanzar la SAN y mejorar los medios de vida de las poblaciones y la gestión ambiental, enfrentando las amenazas adicionales impuestas por el cambio climático. El programa pone énfasis en la identificación y prueba de prácticas de adaptación y mitigación, tecnologías y políticas de los sistemas alimentarios, capacidades de adaptación y medios de vida rurales. Esto incluye la elaboración de análisis y diagnósticos de proyectos que garanticen inversiones costo-efectivas y propuestas de inclusión de la agricultura en las políticas de cambio climático en los niveles local, nacional y global (Vermeulen y otros, 2012).

Las áreas temáticas del CCAFS son las prioridades y políticas para la agricultura sostenible adaptada al clima (ASAC)<sup>14</sup>, las tecnologías y prácticas de la ASAC, el desarrollo con bajas emisiones y los servicios climáticos y las redes de protección. Las investigaciones del CCAFS se llevan a cabo en África Oriental, África Occidental, Sur de Asia, Sudeste de Asia y América Latina. El concepto de la ASAC se utiliza para estructurar el enfoque de las opciones de respuesta al clima, considerando que muchas de las acciones propuestas en la agricultura contribuyen a la adaptación y la mitigación al cambio climático.

Los tres pilares de la ASAC son: a) aumentar la productividad agropecuaria y los ingresos agrícolas en forma sostenible; b) adaptar y desarrollar la resiliencia al cambio climático, y c) reducir o eliminar las emisiones de GEI donde sea posible. La importancia de los resultados de estos pilares en la SAN varía de acuerdo con los lugares, situaciones y sinergias o disyuntivas entre ellos (Lipper y otros, 2014), lo que implica un desafío para la priorización de las inversiones. El concepto de la ASAC se extiende más allá de las prácticas a nivel de la finca y llega hasta intervenciones en el paisaje, por ejemplo, manejo de la frontera agrícola-forestal; servicios como información y financiamiento, principalmente; instituciones, en particular la gobernanza del mercado y los incentivos para la adopción de prácticas sostenibles; y el sistema alimentario y nutricional, en particular, los patrones de consumo y las redes de protección climáticamente informadas.

El CCAFS y sus socios ofrecen una amplia gama de habilidades y experiencias en estas áreas. El primer eje temático del CCAFS es «Prioridades y políticas para la ASAC», dedicado a mejorar la evidencia y las herramientas conceptuales que contribuyan a habilitar entornos de política y a decidir prioridades para orientar inversiones que apoyen el escalamiento de tecnologías de agricultura climática nutricionalmente inteligente, que contribuyan a la SAN, en contextos de cambio climático. El segundo eje temático, denominado «Prácticas y tecnologías de ASAC», proporciona evidencia de las sinergias y disyuntivas entre las tecnologías y las prácticas en la búsqueda de resultados en una gama de contextos sociales y agroecológicos. El tercer eje temático, «Desarrollo agrícola bajo en emisiones» se evalúa la viabilidad de reducir la intensidad de las emisiones de GEI del sector agropecuario a gran escala, mientras se garantiza la SAN rural en los países de ingresos medios y bajos. Por último, el tema «Servicios climáticos y redes de protección» se aboca a disminuir las brechas críticas en el conocimiento, la metodología, la evidencia y la capacidad para implementar intervenciones escalables con el fin de gestionar el riesgo relacionado con el clima.

---

<sup>14</sup> La ASAC también se promueve como Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI), traducción literal del concepto *Climate-Smart Agriculture* de la FAO. Para mayores detalles véase <http://bit.ly/ASAC-ACI>

La investigación participativa del CCAFS es realizada en diversas escalas, desde la comunidad hasta el distrito o departamento, incluyendo el nivel nacional. Ahí se prueban los portafolios de intervención y se comparan con otros portafolios junto con agricultores, agencias de desarrollo y el sector privado. Estas evaluaciones implican análisis de alto nivel y el uso de modelos de procesos de escalamiento, sistemas alimentarios y disyuntivos. A continuación se describen las metodologías propuestas para analizar los impactos de la variabilidad y el cambio climáticos en las diferentes dimensiones de la SAN.

## 2. Metodología I: Escenarios de Alimentos y Nutrición

### a. Revisión de literatura

La formulación de políticas públicas y la toma de decisiones deben considerar un gran número de variables interrelacionadas. En temas como la SAN, estas variables trascienden escalas y temporales. De acuerdo con Laborde y otros (2013), el entendimiento de las dinámicas de la SAN debe considerar un amplio número de factores inciertos (*drivers*) que operan a nivel del hogar (como el ingreso y la educación), a nivel nacional (como las políticas agropecuarias y de protección social) y a nivel global (como el cambio climático y la política comercial).

Se han llevado a cabo diversos estudios con el propósito de proyectar la demanda futura de alimentos (Alexandratos y Bruinsma, 2012), sus precios y tasas de desnutrición (van Dijk y Meijerink, 2014). Los resultados de estos estudios son difíciles de comparar por los diferentes supuestos de los escenarios, por el diseño de los indicadores y por las formas de reportar resultados (van Dijk y otros, 2015). Entre los resultados más importantes están la necesidad de incrementar la producción alimentaria en un 60% (Alexandratos y Bruinsma, 2012) y la proyección de oscilaciones de los precios del maíz, el arroz y el trigo entre el 9% y el 54% para 2050 (van Dijk y Meijerink, 2014).

Con el fin de hacer proyecciones y formular escenarios futuros que involucren a la SAN en un contexto de cambio climático y de dinámicas socioeconómicas, el CCAFS ha desarrollado e implementado una herramienta que combina escenarios socioeconómicos y climáticos para apoyar la planificación estratégica de políticas y decisiones de inversión. Esta metodología ha sido implementada en países en desarrollo en los niveles nacional, regional y local (Ericksen y otros, 2009; Vermeulen y otros, 2013).

### b. Descripción de la metodología propuesta

Los principales pasos de la metodología del CCAFS son el desarrollo de escenarios exploratorios guiados por los actores clave, la cuantificación de dichos escenarios a través de varios modelos y el uso retrospectivo de los escenarios para evaluar trayectorias de decisiones con diferentes usuarios (Vervoort y otros, 2014). En talleres y colaboraciones estrechas con formuladores de políticas, el CCAFS ha facilitado la adaptación y uso de estos escenarios, que ayudan a los actores a diseñar e implementar planes, políticas y estrategias más robustas y a considerar opciones plausibles de cara a diversos escenarios futuros.

Esta metodología comprende el análisis, por parte de actores clave, de los retos del sistema agroalimentario mediante el uso de variables como rendimiento, producción y demanda en escenarios futuros plausibles. El análisis considera los factores clave con respecto al cambio climático, SAN y ambiente. Tales factores son caracterizados de acuerdo con sus condiciones presentes, y se evalúa

según las diferentes combinaciones con el propósito de identificar cuán diversos y plausibles pueden llegar a ser los escenarios considerando su nivel de incertidumbre.

La metodología combina análisis cualitativos y cuantitativos. Primero, se considera el conocimiento de los actores para determinar los principales retos y factores asociados. Luego, se utilizan herramientas cuantitativas para desarrollar los escenarios futuros. En las recientes aplicaciones de esta metodología en el sur y sureste de Asia, en Centroamérica y América del Sur, se usó la herramienta OLDFAR en la construcción de escenarios que incorporen las posibles combinaciones entre los factores. Este software permite maximizar la diversidad de escenarios con un rango amplio de posibilidades a considerar (Palazzo y otros, 2014). Los factores pueden incluir, por ejemplo, alta-baja disponibilidad de alimentos, alto-bajo acceso a variedades biofortificadas o alta-baja diversidad de granos básicos para el consumo regular, en combinación con factores relacionados con acceso y disponibilidad del recurso hídrico, gobernanza, manejo de los recursos naturales, entre otros.

La metodología incluye escenarios socioeconómicos y climáticos. En los primeros, se usan variables como población, producto interno bruto, impactos tecnológicos en rendimientos, costos de insumos y precios, entre otros. Estas variables se incorporan como *drivers* en dos modelos económicos agropecuarios (modelos de equilibrio parcial): GLOBIOM, del Instituto Internacional para el Análisis de Sistemas Aplicados (IIASA, por sus siglas en inglés) e IMPACT, del Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Agroalimentarias (IFPRI, por sus siglas en inglés) (Rosegrant y otros, 2009). Las estimaciones de la variable cambio de uso de tierra (CUT) se cuantifican con el modelo LANDSHIFT (Schaldach y otros, 2013), que puede simular en mapas los efectos del CUT en servicios ecosistémicos y en biodiversidad (Palazzo y otros, 2014).

Para la cuantificación de los *drivers* se usaron las rutas socioeconómicas compartidas (SSP) para cada región que definen cinco posibles mundos futuros hacia el 2100. El escenario usado es el SSP2 que es *business-as-usual* y se caracteriza por las tendencias típicas de las últimas décadas que continúan con algunos avances hacia el logro de los objetivos de desarrollo, la desaceleración de la disminución de la dependencia de los combustibles fósiles y el desarrollo de los países de bajos ingresos que se realiza de forma desigual.

### **c. Resultados y productos**

Los modelos de equilibrio parcial proporcionan algo más que escenarios regionales futuros, dan información razonable sobre posibles afectaciones de la región por fuerzas fuera de su control como los mercados globales y el cambio climático. Por ejemplo, la magnitud de los efectos negativos del cambio climático en el rendimiento del arroz sería equivalente a los efectos positivos de varios de los escenarios regionales en otros cultivos. Lo anterior sugiere que algunos supuestos de los escenarios regionales (como alta inversión pública y privada en la agricultura) pueden neutralizar los efectos negativos del cambio climático. Estos modelos también resaltan cómo la región interactuará con el resto del mundo en términos de intercambio comercial y cómo los países en la región pueden convertirse en más o menos vulnerables a los choques en los precios globales, debido a cambios en los niveles de importación y exportación de productos agropecuarios, lo que influye en la disponibilidad de alimentos (Palazzo y otros, 2014).

El enfoque participativo de la metodología permite abordar una diversidad de actores vinculados directa o indirectamente al sector agropecuario como ambiente, salud, comercio y energía, entre otros, y permite la interacción conjunta para abordar futuros comunes con retos sistémicos e

igualmente relevantes para cada sector y en los diversos niveles. Asimismo, la metodología sirve como insumo para complementar con herramientas cuyo énfasis puede ser más específico dando una perspectiva general de diversos escenarios posibles para poder afinar la formulación de políticas y estrategias, y la implementación de acciones puntuales en ámbitos relacionados como garantizar la SAN de la población rural.

#### d. Casos de implementación

Como se reportó líneas arriba, esta metodología ha sido implementada en varias regiones del mundo, incluyendo Centroamérica y la región andina de América del Sur con el desarrollo de los escenarios. Ha servido para validar y robustecer políticas nacionales de agricultura y cambio climático en Colombia, Perú, Ecuador y Bolivia, para ayudar a determinar las contribuciones locales y a la Estrategia de Adaptación al Cambio Climático del Sector Agroalimentario de Honduras y para apoyar la formulación de las Contribuciones Nacionales Determinadas de Costa Rica. A continuación, se muestran los principales resultados de los escenarios, que se pueden consultar con mayor detalle en Palazzo y otros (2014).

#### e. Principales resultados de los escenarios en Centroamérica

Los principales *drivers* de Centroamérica y los países andinos identificados por los actores clave son el producto interno bruto, los rendimientos agrícolas y ganaderos, y los costos de producción. De acuerdo con los actores clave de Centroamérica, los factores de cambio más relevantes e inciertos que podrían transformar o afectar significativamente la agricultura y la SAN son la capacidad institucional, los mercados, la distribución de la riqueza y el recurso hídrico. Los escenarios desarrollados son «Apiñados», «Batkún: el inicio de la profecía maya», «Libertarios sin libertad» y «El nuevo colapso maya» (véase el cuadro II.4).

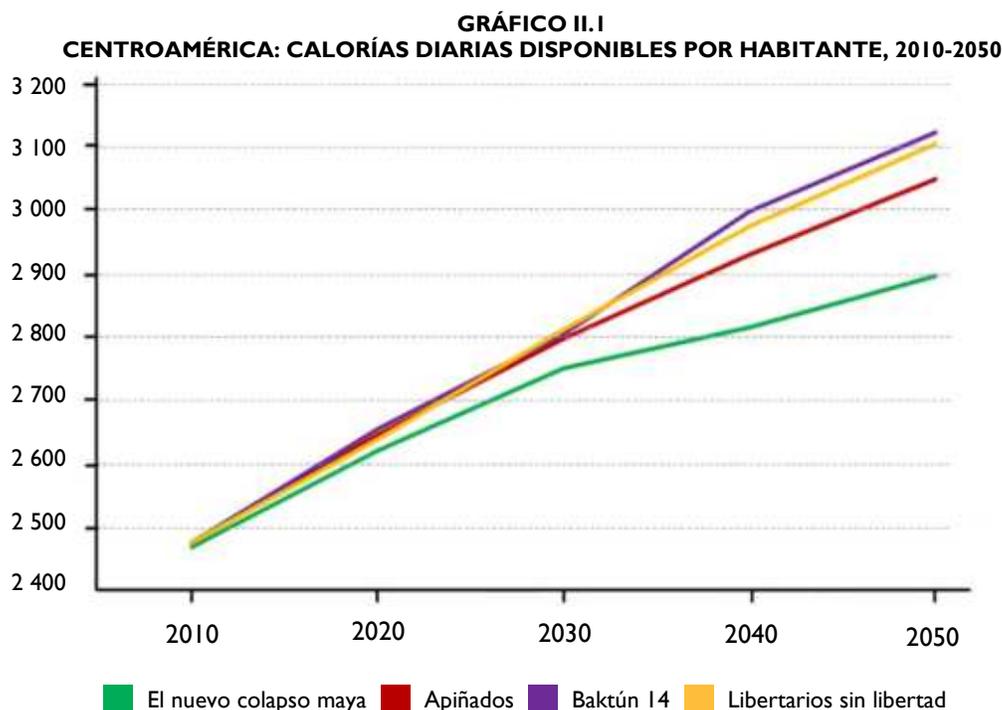
**CUADRO II.4**  
**CENTROAMÉRICA: DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS PARA CADA FACTOR DE CAMBIO, A 2050**

Escenarios	Mercados	Capacidad institucional del Estado	Recursos hídricos	Distribución de la riqueza
Apiñados	Participativo, no regulado	Desigual	Alta	Disponibilidad inequitativa, impulsado
14 Baktún: el inicio de la profecía maya	Participativo, regulado	Alta	Alta	Disponibilidad equitativa, impulsado por el Estado
Libertarios sin libertad	Participativo, no regulado	Baja	Baja	Disponibilidad inequitativa, impulsado por el mercado
El nuevo colapso maya	No participativo, no regulado	Desigual	Baja	Disponibilidad inequitativa, impulsado por el mercado

Fuente: Palazzo y otros, 2014.

En todos estos escenarios, la demanda regional de productos agrícolas y ganaderos es creciente. La oferta del período 2000-2050 de estos mismos productos se estimó con el modelo GLOBIOM, considerando los efectos biofísicos del cambio climático en la producción agropecuaria, que crece a lo largo del período en todos los escenarios, principalmente por la creciente demanda de productos pecuarios provenientes de una población creciente. Ahora bien, este aumento de la producción tendría implicaciones importantes para el medio ambiente en algunos escenarios.

La SAN, medida en kilocalorías disponibles diarias por habitante, se incrementa durante el período considerado con respecto al escenario SSP2 en tres de los cuatro escenarios. Las kilocalorías disponibles por habitante son más bajas para el escenario de «El nuevo colapso maya» (aproximadamente de un 5% a un 10% con respecto a los otros escenarios, a 2050) (véase el gráfico II.1). Los cambios en la demanda de alimentos por habitante permiten entender el efecto del mercado y de los ingresos de los hogares en el consumo de alimentos.

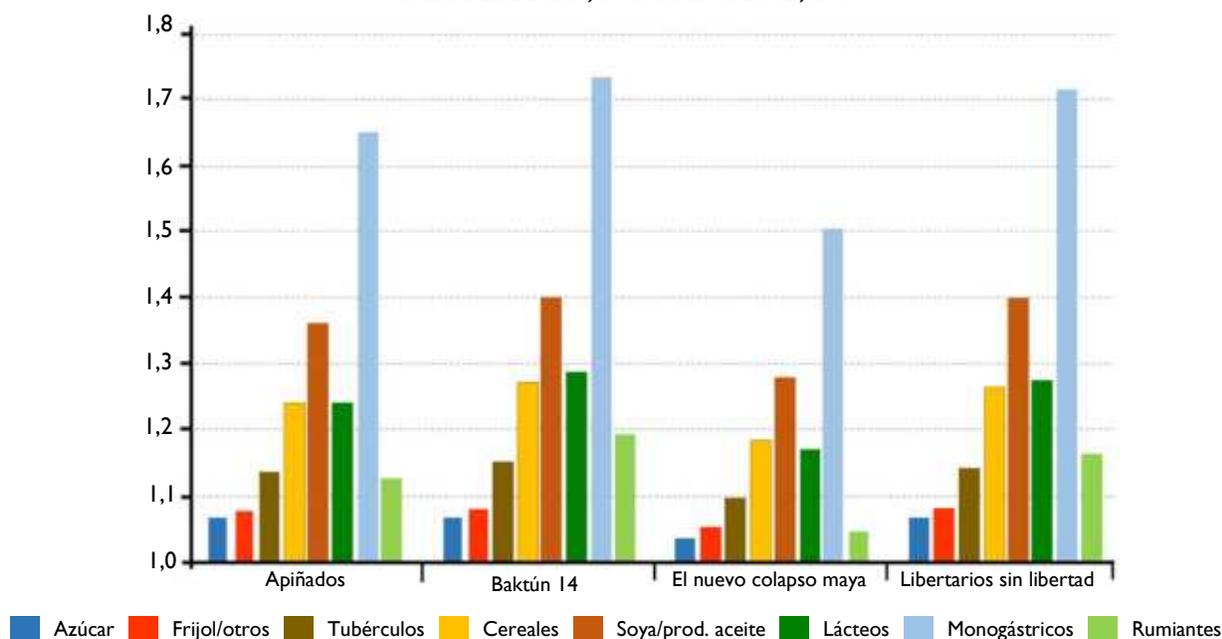


**Fuente:** Palazzo y otros, 2014.

La demanda de especies monogástricas es el alimento que más crece en todos los escenarios desde 2010 hasta 2050 debido a la expansión de la producción y a la disminución de su precio relativo. La demanda por habitante de cereales tiene un incremento menor al 20% en el mismo período para el nuevo colapso maya, mientras que en los otros escenarios el consumo por habitante aumenta entre 25% y 30% (véanse el gráfico II.2).

Para aplicar la metodología del CCAFS en Honduras y Costa Rica se diseñaron escenarios nacionales a partir de los escenarios a nivel regional. Lo anterior ejemplifica una de las características de esta metodología representada por la capacidad de adaptarse y ajustarse a los diversos contextos para poder responder a las necesidades particulares de cada proceso.

**GRÁFICO II.2**  
**CENTROAMÉRICA: DEMANDA DE ALIMENTOS POR PRODUCTO INDEXADO**  
**A LA DEMANDA, POR HABITANTE, 2010**



Fuente: Palazzo y otros, 2014.

### 3. Metodología 2: Modelación de sistemas alimentarios regionales y nacionales

#### a. Revisión de literatura

Desde hace más de 50 años, diversas instituciones de nivel mundial se han abocado a simular y proyectar la SAN con modelos cuantitativos y cualitativos basados en proyecciones de tendencias y modelos de comercio global. Sin embargo, la modelación integral de la SAN a futuro resulta compleja. Dado lo anterior, el uso de modelos de simulación para las ciencias agropecuarias resulta ser de gran utilidad. Los modelos actuales muestran grandes avances científicos y muchos incluyen el cambio climático en sus proyecciones (McCalla y Revoredo, 2001). Estas proyecciones son complejas porque incluyen variables fisiológicas de los cultivos, climáticas, ecosistémicas, de mercados y demográficas.

Existen dos tipos principales de análisis de la SAN. El primero consiste en integrar datos de clima en un modelo biofísico (o «modelo de cultivos») que arroja resultados de impactos del cambio de clima en el rendimiento de los cultivos. El segundo procedimiento consiste en calcular los impactos del clima sobre los rendimientos de los cultivos en un modelo económico. Sobre el primer procedimiento, hay estudios como los de Rosenzweig y otros (2014) y Müller y Robertson (2014). Sobre el segundo, está el estudio de Nelson y otros (2013), que compara los resultados de varios modelos bioeconómicos.

En esta línea están los estudios de Rosegrant, Agcaoili-Sombilla y Pérez (1995), Nelson y otros (2009), Nelson y otros (2010), Fischer, Shah y Velthuizen (2002), Rosenzweig y otros (1993) y Rosenzweig y Parry (1994), con información de modelos bioeconómicos empleados en la evaluación del impacto del cambio climático en la productividad agrícola. Los estudios de Rosegrant y otros (2015), Hachigonta y otros (2013), Waithaka y otros (2013), Jalloh y otros (2013) y Thomas y otros

(2013a y 2013b) emplean los dos tipos de análisis para identificar tanto los efectos directos como los indirectos del cambio climático en la agricultura.

En este contexto, el modelo IMPACT, desarrollado en 1990 por el IFPRI, es una plataforma modular que integra modelos climáticos, hidrológicos, de cultivos, de cadenas de valor, de uso de suelo, de nutrición, salud y bienestar, tanto a escala global como regional. Fue diseñada para responder a la necesidad de obtener proyecciones de reducción de la pobreza, desarrollo rural y la SAN. Desde su creación, IMPACT ha estado en un proceso constante de desarrollo y mejoramiento (Robinson y otros, 2015).

Dentro de los desarrollos más recientes de IMPACT está la integración de módulos de acuicultura y agua, que incluyen modelos de dinámicas de demanda y disponibilidad futuras de agua para el sector agropecuario, modelos hidrológicos, modelos de gestión de cuencas hidrográficas y modelos de estrés hídrico. Más recientemente se incluyeron módulos de la SAN que permiten identificar cambios en la cantidad de niños desnutridos, así como estimar los efectos del cambio climático en la agricultura y la SAN misma. También se han adicionado modelos de mercados de tierras agropecuarias y de uso del suelo para estimar la demanda de tierra y la variación de las emisiones de GEI a futuro como consecuencia del cambio de uso de suelo. Hoy en día, el modelo cuenta con información disponible para 62 mercados de productos agropecuarios y 159 países, con un período de proyección hasta 2050 (Robinson y otros, 2015). IMPACT está disponible en una interfaz web (versión beta) que sirve como herramienta de visualización de datos (Robinson y otros, 2015).

## **b. Descripción de la metodología propuesta**

IMPACT está conformado por cinco componentes interconectados:

- a) modelos climáticos
- b) modelos hídricos
- c) demanda hídrica
- d) modelación de cultivos
- e) modelación multimercado

Los modelos climáticos proporcionan información para los modelos de cultivos e hídricos. Los datos climáticos se encuentran por meses, lo que permite generar datos diarios del pasado reciente (hasta 2005) y del futuro (hasta 2050). Los modelos hídricos integran el Modelo Mundial Hidrológico-IMPACT (IGHM, por sus siglas en inglés) que simula procesos de lluvia y escorrentía, el Modelo de Simulación de Cuencas-IMPACT (IWSM, por sus siglas en inglés), que simula el funcionamiento de los depósitos de agua y el suministro de agua a los sectores económicos, incluido el riego, y el Modelo de Asignación de Agua y Estrés-IMPACT (ICWASM, por sus siglas en inglés), que asigna la cantidad neta de agua de riego a los cultivos y estima el impacto de escasez de agua en los rendimientos (Robinson y otros, 2015).

Los modelos de demanda de agua estiman el requerimiento del recurso para cultivos, industria, hogares y ganadería; la demanda de agua de riego es considerada como la cantidad requerida por el cultivo no satisfecha por la precipitación o humedad del suelo. El componente de modelación de cultivos requiere información de superficie, rendimiento y sistema de siembra (riego o secano) a nivel local o de «unidades de producción de alimentos». Este componente permite modelar la producción pecuaria (número de animales, volumen de carne, volumen de lácteos) y de productos

procesados (oferta, costos de insumos y precios), incluyendo los efectos del cambio climático en los rendimientos de los cultivos y la productividad mediante el software DSSAT (Robinson y otros, 2015).

El componente de modelos multimercado (IMPACT-Multimercado) usa información de tendencias macroeconómicas (crecimiento demográfico y económico), cadenas de valor, usos del suelo, mercados nacionales y globales (159 países) y demanda de productos agropecuarios (alimentos, biocombustibles, industrial). Este componente permite identificar los efectos de las variaciones del mercado (precios e ingresos) en la SAN y su traducción en el número de niños desnutridos y población en riesgo de hambre.

Junto con los modelos hidrológicos, este componente permite evaluar los efectos de la variabilidad climática e hidroclimática en los sistemas de agua, los alimentos, el crecimiento socioeconómico impulsado por el cambio en la demanda de agua y la inversión en almacenamiento de agua e infraestructura de riego (Robinson y otros, 2015). Adicionalmente, IMPACT posee un módulo «postsolución» que presenta recomendaciones sobre los escenarios proyectados. De esta manera, IMPACT genera un análisis robusto de utilidad para los formuladores de política.

Para realizar análisis sobre la nutrición, IMPACT posee dos módulos específicos. El primero calcula los cambios en el número de niños subnutridos<sup>15</sup>, considerando las variaciones de disponibilidad de alimentos a nivel nacional<sup>16</sup>. El segundo estima los cambios en la población con riesgo de hambre<sup>17</sup>, igualmente con base en las variaciones de disponibilidad de alimentos<sup>18</sup>. Los resultados de estos módulos se incluyen en el componente de modelación multimercado para que puedan ser analizados con información socioeconómica. Este componente incluye datos de las modelaciones hidrológicas que a su vez están basados en las simulaciones de clima (Robinson y otros, 2015).

Como se puede ver, la SAN puede ser ampliamente analizada con IMPACT porque permite conocer la interacción entre producción, demanda y comercio de productos agropecuarios, considerando los aspectos fisiológicos de los cultivos y las condiciones climáticas cambiantes. De igual manera, permite analizar las implicaciones de estos cambios y factores en el bienestar humano, aspecto a considerar en la toma de decisiones sobre escenarios futuros. IMPACT determina cambios globales y regionales en la productividad agropecuaria, en las dinámicas económicas del sector y en indicadores de la SAN en condiciones de cambio climático.

### c. Resultados y productos

IMPACT genera información sobre área cosechada, rendimiento, producción, cantidad consumida, cantidad de alimento para consumo del ganado, cantidad utilizada para la producción de biocombustibles, precios y comercio neto de cada producto agropecuario por país y por año (hasta 2050). Sumado a esto, IMPACT genera análisis y herramientas que permiten desarrollar escenarios basados en la lógica interna del modelo, incluyendo la cuantificación y simulación de

---

<sup>15</sup> El porcentaje de niños desnutridos menores de cinco años se estima a partir del consumo medio de calorías, el acceso de las mujeres a educación secundaria, la calidad de la atención materno-infantil, la salud y el saneamiento por medio de regresiones econométricas.

<sup>16</sup> Los datos utilizados en este cálculo provienen del Banco Mundial, Naciones Unidas, Modelo IMPACT-Alimentos y FAO.

<sup>17</sup> Porcentaje de la población total en riesgo de padecer desnutrición.

<sup>18</sup> Este cálculo se basa en una fuerte correlación empírica entre la proporción de personas desnutridas en la población total y la disponibilidad relativa de alimentos.

escenarios para su verificación y ajuste. Su ventaja es que permite a los tomadores de decisiones evaluar la robustez de los resultados y probar diferentes políticas frente a escenarios alternativos. Adicionalmente, IMPACT brinda indicadores de la SAN como tasa de desnutrición infantil, promedio de consumo de calorías y población en riesgo de hambre, lo que permite a los gobiernos verificar el estado del cumplimiento de las metas de los ODS (Robinson y otros, 2015).

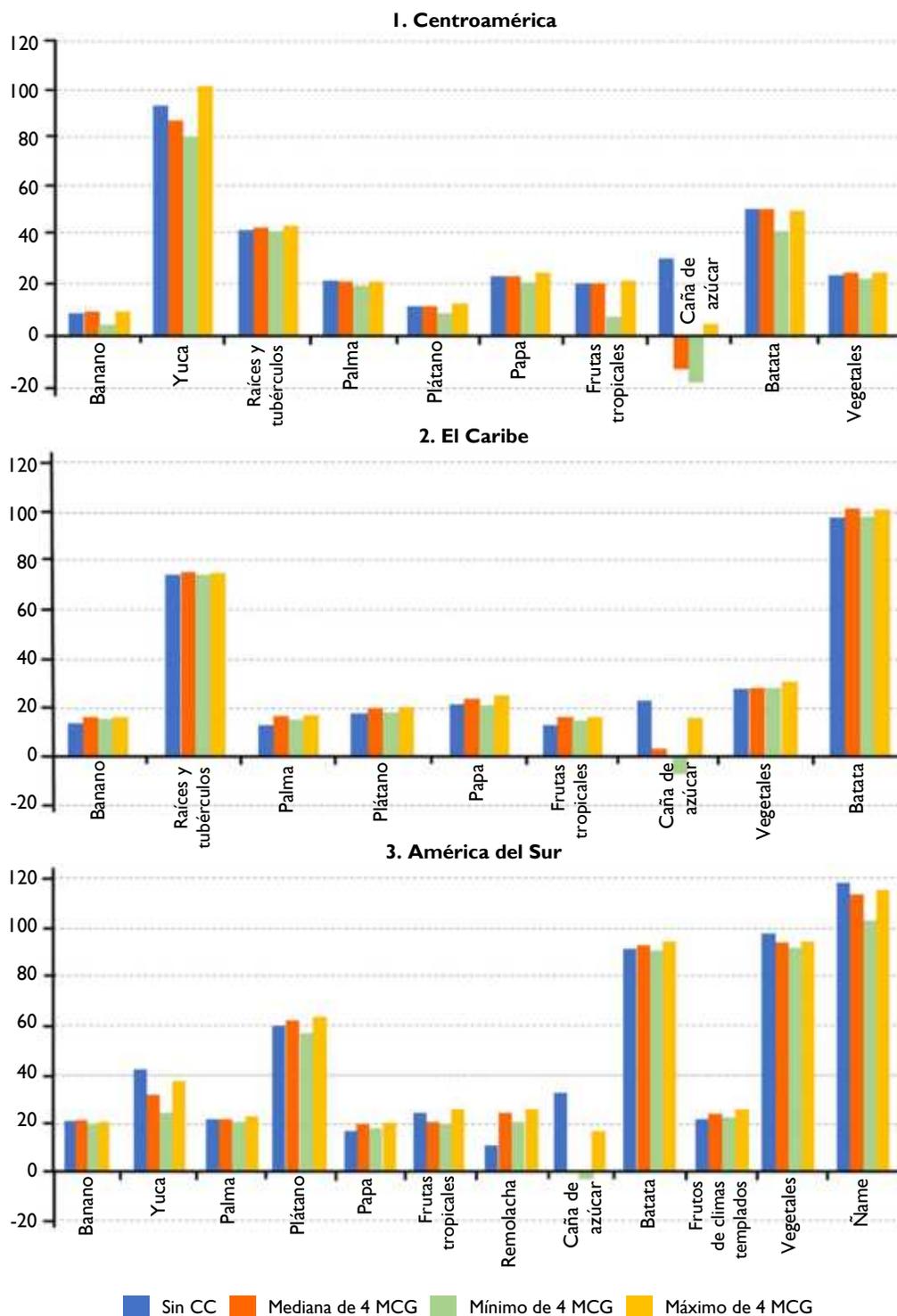
Para efectos de este documento se realizó un ejercicio usando esta metodología con proyecciones de los cambios de temperatura y precipitación en los países de América Latina y el Caribe. El ejercicio se apoyó en cuatro modelos de circulación general (GCM) del Quinto Informe de Evaluación (AR5) del IPCC. Los resultados permiten estimar la magnitud de los cambios proyectados en las variables climáticas y sus posibles efectos en la agricultura, así como las áreas más vulnerables en las condiciones geográficas heterogéneas de cada país. En el ejercicio se incluyó la evaluación de los siete modelos biofísicos de AgMIP GGCM (Rosenzweig y otros, 2014). Tres de ellos fueron descartados por presentar fallas. Con los cuatro modelos restantes se calculó la media del impacto del cambio climático en cada cultivo a nivel de cada pixel de resolución (medio grado Gridcell) para cada GCM.

A fin de integrar los datos de cada pixel al modelo IMPACT (Robinson y otros, 2015) a escala subnacional (a nivel de «unidades de producción de alimentos»), se utilizó MapSPAM (You y otros, 2014) para generar una cuadrícula de datos de la superficie de cada cultivo y así poder agregar los datos de cambios en rendimiento. Después se incluyeron los datos estimados del PIB y del crecimiento de la población (considerando el escenario SSP2 del IPCC). Con esta información, IMPACT genera supuestos del crecimiento exógeno nominal de la producción agrícola por cultivos y países, asumiendo variaciones de la demanda por variaciones del ingreso y la respuesta de la oferta a los precios. El mismo procedimiento se realiza para estimar la oferta y demanda mundiales de los productos agrícolas cada año. A continuación, se muestran los cambios en el rendimiento de determinados cultivos de América Latina y el Caribe para 2050 en escenarios de cambio climático generados por el modelo IMPACT (véase el gráfico II.3).

Si bien se observa una disminución del rendimiento de algunos cultivos, también se observan impactos positivos en el rendimiento en el futuro. En términos de indicadores de la SAN, los resultados muestran el cambio del número de personas en riesgo de hambre bajo condiciones de cambio climático para el mismo período (véase el gráfico II.4). De acuerdo con estos datos, la tasa de cambio de la población en riesgo de hambre es mayor en condiciones de cambio climático más extremo y, por el contrario, la tasa de cambio indica que hay menos población en riesgo de hambre cuando las proyecciones climáticas consideran escenarios menos extremos.

En términos generales, los datos de salida del modelo IMPACT indican que la cantidad de cultivos con disminución en su rendimiento por efecto del cambio climático podría ser considerable. Por esta razón, es necesario adoptar estrategias de adaptación como mayor inversión en investigación agropecuaria, priorización en regiones para enfocar los objetivos de investigación y de extensión, búsqueda de cultivos alternativos y mejora de la infraestructura.

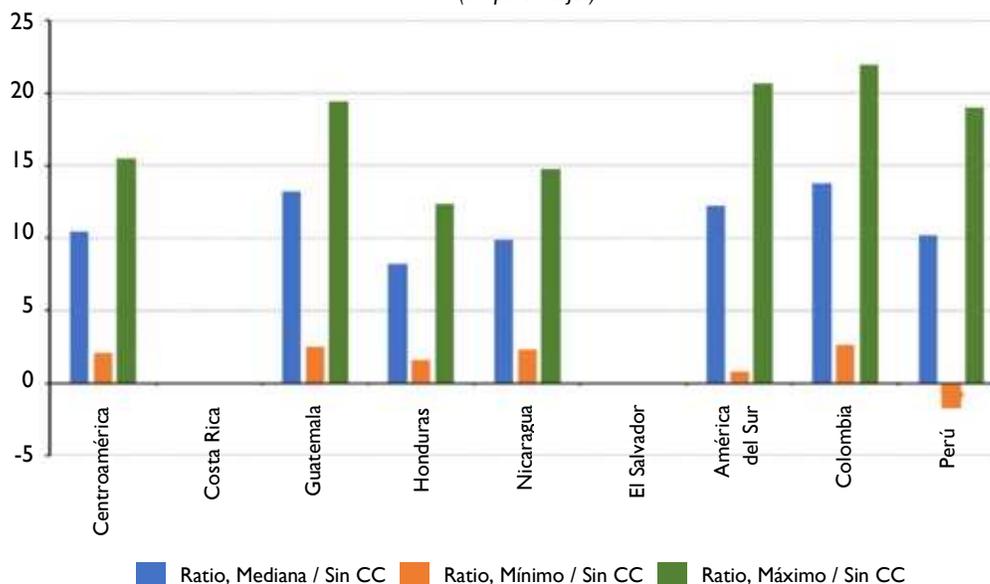
**GRÁFICO II.3**  
**AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: CAMBIOS DE RENDIMIENTO EN ESCENARIO DE CAMBIO CLIMÁTICO PARA**  
**CULTIVOS SELECCIONADOS, RESULTADOS DEL MODELO IMPACT, 2010-2050**  
*(Porcentaje de cambio de rendimiento, 2010-2050)*



**Fuente:** Elaborado por CGIAR/CCAFS con base en el modelo IMPACT.

**Nota:** CC = Cambio climático • MCG = Modelos de circulación general.

**GRÁFICO II.4**  
**CENTROAMÉRICA Y AMÉRICA DEL SUR: CAMBIOS DE POBLACIÓN EN RIESGO DE HAMBRE**  
**EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO, RESULTADOS MODELO IMPACT, 2010-2050**  
*(En porcentajes)*



Fuente: Elaborado por CGIAR/CCAFS con base en el modelo IMPACT.

#### d. Casos de implementación

Gracias a su estructura modular, IMPACT permite integrar diferentes análisis físicos, biofísicos y socioeconómicos, de modo que su aplicación al diseño y evaluación de políticas y a la toma de decisiones sea flexible. Por esto es empleado en el análisis de los vínculos entre la producción agropecuaria y la SAN en los niveles regional y nacional y otros proyectos interdisciplinarios basados en escenarios.

#### e. Análisis de seguridad alimentaria a nivel nacional

Sobre esto último hay tres casos de aplicación de países y regiones de África. El primero es un análisis de las amenazas a las que se enfrenta la seguridad alimentaria en once países de África occidental<sup>19</sup>, considerando las implicaciones del cambio climático. En este estudio se usó IMPACT para simular procesos económicos y biofísicos relacionados con la seguridad alimentaria, específicamente el módulo de simulación hidrológica, empleando el software DSSAT para estimar rendimientos de cultivos.

El análisis arrojó que el cambio climático modificará los patrones de precipitación, reduciendo la intensidad de las lluvias en la mayoría de los países, y aumentando la temperatura hasta en 2 °C para 2050. Temperaturas más altas afectarán la fisiología de las plantas, incluidos los cultivos básicos, cuya capacidad genética de sobrevivencia podría verse agravada. Impactos de tal magnitud desencadenarán consecuencias de largo alcance para las poblaciones cuyo sustento depende de la agricultura y cuya capacidad de adaptación es menor, sobre todo la población dependiente de la agricultura de secano. De acuerdo con los cambios de clima proyectados, se espera que la productividad de los cultivos básicos sea afectada negativamente, principalmente la de sorgo, yuca y

<sup>19</sup> Los países son Benín, Burkina Faso, Costa de Marfil, Ghana, Guinea, Liberia, Níger, Nigeria, Senegal, Sierra León y Togo.

maní. Un reto importante para todos los países del estudio es aumentar la producción agropecuaria de los agricultores de escasos recursos sin exacerbar los problemas del medio ambiente y al mismo tiempo hacer frente al cambio climático (Jalloh y otros, 2013).

El segundo estudio, con apoyo de IMPACT, es un análisis de las amenazas del cambio climático a la SAN en ocho países de África del Sur<sup>20</sup> con los mismos modelos del ejercicio anterior. Los resultados indican que la producción de maíz aumentará para 2050, pero en algunos países no alcanzará a satisfacer la demanda. Las importaciones netas resultantes aumentarán el precio del maíz a más de 200 dólares por tonelada. Este nivel de precio repercutirá negativamente en el acceso de las personas en situación de pobreza a este alimento. En los cultivos de sorgo y mijo se espera un aumento de producción para 2050.

En términos generales, los pequeños agricultores contribuyen con la mayor parte de la producción agropecuaria en los países analizados, por lo que el sector agropecuario es muy vulnerable ante el cambio climático (sumado al bajo rendimiento de los cultivos). Además de los factores básicos adversos, la población de estos países presenta altas tasas de crecimiento, lo que repercute directamente en la demanda de alimentos. Adicionalmente, las tasas de evapotranspiración serán mayores, por lo que se puede esperar una mayor presión sobre los recursos hídricos y una mayor inmigración del campo a la ciudad (Hachigonta y otros, 2013).

El tercer y último estudio con apoyo de IMPACT es sobre amenazas a la SAN en diez países del Este de África<sup>21</sup>. El análisis arrojó que se espera un aumento de los niveles de la temperatura mínima, precipitaciones más erráticas y fuertes, así como una reducción de la producción de cultivos, especialmente los de secano y café. La producción de algunos cultivos aumentará por la sola expansión de la superficie cultivada o por el progreso tecnológico. Así mismo, se esperan aumentos de enfermedades en cultivos como café, yuca y plátano.

Se concluye que es necesario formular políticas e invertir en el crecimiento de la agricultura y la productividad de los pequeños agricultores para enfrentar el cambio climático (Waithaka y otros, 2013). Otros casos de aplicación del modelo IMPACT a nivel de países pueden consultarse en You y otros (2014) para China, y Takle y otros (2013) para los Estados Unidos.

#### **f. Análisis de la seguridad alimentaria a nivel regional**

IMPACT también ha sido empleado en la región de Arabia para estimar cambios en la SAN y la producción agropecuaria para 2050. IMPACT fue aplicado a partir de la comparación de un escenario base y dos escenarios que consideran estrategias de inversión y políticas para el sector agropecuario. Los escenarios incluyen proyecciones de cambio climático. Los resultados indicaron la importancia de reforzar la investigación agropecuaria, aumentar la inversión en sistemas de riego y mejorar el mercado y la gestión de los recursos naturales, todo ello como condiciones para garantizar la SAN (Sulser y otros, 2011).

#### **g. Análisis de productos agropecuarios**

Otro estudio que usa el modelo IMPACT es el de Scott y otros (2000), que estima la producción, consumo, comercio y proyecciones de importancia económica de cultivos como raíces y tubérculos

---

<sup>20</sup> Los países son Botsuana, Lesoto, Malawi, Mozambique, Sudáfrica, Suazilandia, Zambia y Zimbabue.

<sup>21</sup> Los países son Burundi, República Democrática del Congo, Eritrea, Kenia, Madagascar, Ruanda, Sudán, Tanzania y Uganda.

por contribuir a la alimentación, nutrición e ingresos de los agricultores más pobres del mundo. En este caso, el análisis tomó un escenario base y un escenario alternativo de alta demanda y producción de tubérculos y raíces para 2020. Los resultados del escenario base indican que la importancia económica relativa de estos cultivos disminuirá en comparación con el resto de los productos alimenticios en las próximas tres décadas. El escenario alternativo de alta demanda y producción, en cambio, indica que la importancia económica de las raíces y tubérculos aumentará ligeramente en comparación con los productos básicos. De acuerdo con esto, los autores concluyen que la mejor estimación de la producción, el consumo y el comercio futuros de estos productos resulta útil para orientar las inversiones en agricultura.

#### **h. Proyectos interdisciplinarios basados en escenarios**

Entre los proyectos interdisciplinarios que han empleado IMPACT se encuentra el libro *World Water and Food to 2025: Dealing with Scarcity*, que menciona la posibilidad de que la SAN resulte estrechamente vinculada con la seguridad hídrica en el siglo XXI. IMPACT fue usado para analizar diversos escenarios de política e inversión relacionados con la SAN y el recurso hídrico. De acuerdo con los resultados, la manera en que se formulen las políticas y se maneje el recurso hídrico impactará en la seguridad alimentaria. En este sentido, mejorar la gestión del recurso hídrico, las políticas y el aumento de la inversión, tiene un efecto positivo sobre los agricultores y otros usuarios del agua (Rosegrant y otros, 2002).

### **4. Metodología 3: Caja de herramientas de género**

#### **a. Revisión de literatura**

El concepto de género comprende los roles sociales y culturales, visibles e invisibles, que los hombres y las mujeres adoptan, así como las relaciones de poder entre ellos, que a menudo determinan el acceso y control de recursos y la toma de decisiones (Momsen, 2004). Estas diferencias socialmente construidas tienen profundos efectos en cómo los hombres y las mujeres, los viejos y los jóvenes manejan sus prácticas de agricultura y sus recursos naturales y, por lo tanto, en la forma en que responden al cambio climático. Las construcciones sociales implican funciones específicas, posiciones y expectativas que se manifiestan en diferentes niveles, desde el hogar hasta la comunidad y la nación. Debido a que son construcciones sociales, varían de una cultura a otra y cambian con el tiempo y el espacio.

Las desigualdades de género surgen cuando hombres y mujeres tienen diferentes oportunidades y capacidades de acceso a y control de los recursos, a la toma de decisiones y otras actividades. Estas desigualdades de género también marcan una mayor diferencia en la vulnerabilidad entre hombres y mujeres frente a los impactos del cambio climático y los recursos sociales y ambientales que se requieren para la adaptación. La mayor vulnerabilidad de las mujeres y las niñas ante los desastres relacionados con el clima está bien documentada.

Una razón de esa mayor vulnerabilidad está en el papel social de género de la mujer, algo culturalmente determinado. Por ejemplo, en el caso de África se permite a los hombres adultos y jóvenes migrar a otras regiones durante la sequía, mientras que las mujeres y las niñas se deben quedar a atender el hogar, aumentando su carga de trabajo y exponiéndose todavía más a eventos extremos, como inundaciones; los hombres pueden acceder a crédito por contar con recursos para usar como

garantía y los niños asisten a la escuela más años que las niñas, por lo que tienen mejores oportunidades que no están relacionadas con el sector agropecuario.

El reconocimiento de esta realidad es un requisito previo e importante para asegurar que las estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático sean sensibles al género. Es importante señalar que los programas y proyectos de adaptación y mitigación que no son sensibles al género corren el riesgo de reforzar las diferencias en vulnerabilidad debidas al género.

Con respecto a la SAN, el papel de la mujer en el hogar es fundamental. En este sentido, la *Caja de herramientas de género e inclusión: Investigación participativa en cambio climático y agricultura* (en adelante, caja de herramientas) (Jost y otros, 2014) puede ser útil para documentar las diferencias de vulnerabilidad de hombres y mujeres frente al cambio climático, e identificar las intervenciones sensibles al género pertinentes. La caja de herramientas está diseñada para establecer una línea base y definir las formas de integración del género en todo el diseño de los programas desde su ejecución y seguimiento hasta su evaluación final. En esencia, la caja de herramientas se puede utilizar para:

- a) Analizar las diferencias de género en vulnerabilidad y en las estrategias de adaptación y mitigación existentes.
- b) Obtener datos desagregados por sexo (género) del acceso a recursos productivos, trabajo, uso del tiempo, la dotación de recursos (riqueza) y la pertenencia a organizaciones sociales y de agricultores.
- c) Analizar la idoneidad de las instituciones y las políticas existentes para hacer frente a los impactos del cambio climático sobre el género.
- d) Usar toda la información recopilada, sobre la disparidad de género, para informar las intervenciones en agricultura y cambio climático sensibles al género.

Es importante señalar que la caja de herramientas también está concebida para aumentar el conocimiento y fortalecer la participación de los ejecutores de programas/proyectos y de los investigadores. Sus ejercicios de participación contribuyen a preparar la mentalidad de los participantes con formas de entender y descubrir diferencias entre sexo y género y sobre cómo crear confianza con la comunidad.

## **b. Descripción de la metodología propuesta**

La caja de herramientas es un recurso para profesionales de ONG y diseñadores de programas para el desarrollo rural ante el cambio climático, socialmente incluyentes y sensibles al género. Su metodología de investigación es principalmente cualitativa y proporciona herramientas y métodos de participación útiles para análisis situacionales de conocimiento, de la ASAC, de los servicios de información climática y de medidas de mitigación a nivel de comunidades y hogares. Aunque su metodología es cualitativa, la caja de herramientas puede ser utilizada también para recopilar datos de las diferencias de género en las prácticas agropecuarias, la disponibilidad de recursos, el acceso a la información del clima, las instituciones y el empoderamiento de la mujer.

Una limitación de esta metodología es que no considera los componentes de los sistemas alimentarios que pueden ser afectados por el cambio climático, tales como disyuntivas de uso del suelo (intensificación versus extensificación), evaluación y gestión de riesgos, pérdida de alimentos, nutrición y salud, entre otros. No obstante, en las relaciones de género y cuestiones como la mano de obra, recursos, riqueza, capacitación, información del clima, conocimiento del medio ambiente,

gestión del tiempo y políticas agropecuarias, arroja información muy útil<sup>22</sup>. Algunas preguntas generales a las que esta metodología da respuesta son:

- a) ¿Cómo está cambiando el clima dentro de la comunidad y cómo los hombres, las mujeres y los jóvenes se han adaptado a él?
- b) ¿Qué estrategias de adaptación y mitigación son apropiadas para hombres y mujeres, dados sus distintos papeles económicos y sociales, sus niveles del acceso y control de recursos y sus oportunidades de movilidad?
- c) ¿Qué instituciones y políticas son las más apropiadas para apoyar la adaptación frente al cambio climático con programas sensibles al género?

Una ventaja de la caja de herramientas es que puede arrojar resultados con pocos datos cuantitativos o apoyarse en datos proporcionados por otras herramientas y métodos que incluyan a la SAN. Por ejemplo, el uso de las Estadísticas de Género Agri-Gender de la FAO<sup>23</sup>, que recopila estadísticas de género en agricultura, pesca, ganadería y silvicultura. Agri-Gender usa más de ocho cuestionarios de evaluación de género relacionados con la producción agropecuaria, incluyendo población agropecuaria, número de hogares, acceso a los recursos productivos, producción y productividad, destino de los productos agrícolas, mano de obra y empleo del tiempo, ingresos y gastos, organizaciones de agricultores, SAN y niveles de pobreza.

La implementación de la caja de herramientas puede ser complementada con las directrices de la Alianza Global por una Agricultura Sostenible Adaptada al Clima (GACSA, por sus siglas en inglés). En *Un enfoque sensible al género sobre Agricultura Sostenible Adaptada al Clima: Evidencia y orientación a los profesionales*, GACSA propone lineamientos de comprensión y evaluación del género en la ASAC y cómo reconocer las necesidades, prioridades y realidades de hombres y mujeres en su diseño y aplicación para garantizar que ambos se beneficien por igual (Nelson y Huyer, 2016).

En el documento de GACSA se analizan las implicaciones de la igualdad de género para cada uno de los tres «pilares» de la ASAC: 1) aumentar de manera sostenible la productividad agropecuaria y los ingresos; 2) adaptarse y aumentar la resiliencia al cambio climático; 3) reducir o eliminar las emisiones de GEI siempre que sea posible. Adicionalmente, describe los retos de la implementación exitosa del enfoque de la ASAC con perspectiva de género, así como las diferentes capacidades, vulnerabilidades y situación de las mujeres y los hombres.

Por ejemplo, la falta de voluntad política con la igualdad de género, así como las barreras culturales que limitan la participación y el liderazgo de las mujeres en actividades y organizaciones. Hombres y mujeres dentro del mismo hogar, a menudo con medios de subsistencia diferentes pero relacionados entre sí, usan diferentes opciones tecnológicas que se reflejan en otras actividades, como en el manejo de la producción. Por tanto, es importante tener en cuenta cómo estas diferencias pueden afectar la participación de las mujeres y los hombres en la implementación de prácticas agropecuarias más sostenibles y los beneficios consiguientes (Nelson y Huyer, 2016). En el estudio de GACSA se identifican cinco criterios para la inclusión de género en la ASAC (Nelson y Huyer, 2016):

- a) El desarrollo y la aplicación de la práctica de la ASAC han sido permeados por el análisis de género.

<sup>22</sup> El manual para la aplicación de la caja de herramientas se encuentra en <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/67165/retrieve>.

<sup>23</sup> Véase [en línea] <http://www.fao.org/gender/agrigender/agri-gender-toolkit/en/>.

- b) Todo el trabajo relacionado con la práctica de la ASAC debe incluir la participación y el compromiso de los hombres y las mujeres, en particular, de aquellos que se encuentren en su implementación.
- c) Se realizan esfuerzos para reducir las restricciones a la adopción de la práctica.
- d) La práctica se traduce en beneficios inmediatos para los hombres y las mujeres.
- e) La práctica se traduce en beneficios a largo plazo para los hombres y las mujeres.

Finalmente, este enfoque sugiere algunos indicadores de género para medir cambios en el incremento del control de activos productivos, la participación en la toma de decisiones, el conocimiento, los cambios en el comportamiento y la actitud, la sensibilización, el empoderamiento, la mejora del nivel económico, la seguridad alimentaria y la nutrición de las mujeres y los hombres, entre otros.

### **c. Resultados y productos**

La caja de herramientas facilita la investigación con enfoque de género, socialmente más incluyente y relevante para hombres y mujeres. Para ello, identifica roles y relaciones de género en los niveles interpersonal, familiar y comunitario de la población rural. Una de sus ventajas es la obtención de conocimiento directo de la población (de abajo hacia arriba) y no basado en los expertos, lo que permite la participación de los hombres y las mujeres en el debate sobre el cambio climático. Como resultados de esta herramienta se obtienen análisis de datos que, en conjunto, explican cómo mujeres y hombres se adaptan al cambio climático y fortalecen su seguridad alimentaria (Jost y otros, 2014).

Con respecto a las políticas públicas, hay dos elementos clave que se necesitan mejorar para la integración de género en la ASAC. El primero es la insuficiente atención prestada al género y sus desigualdades en los sistemas agropecuarios en general y en la política agropecuaria en particular. El segundo problema es que la mayoría de los gobiernos no consideran las diferencias de recursos y de capacidades de adaptación de mujeres, hombres y jóvenes ante los impactos del cambio climático. Han existido varios compromisos para la lucha en contra de la desigualdad de género en la política de los gobiernos para subsanarla.

Dado lo anterior, para lograr la igualdad de género en los tres pilares de la ASAC antes mencionados se necesita una legislación transformadora en la materia a nivel nacional. Esta legislación debe estar basada en información y datos científicos desglosados por sexo. Las tres herramientas descritas anteriormente (la caja de herramientas, Agri-Gender y las prácticas de GACSA) pueden ayudar a identificar las desigualdades de género. Los datos recolectados y la elaboración de reportes sobre tendencias cuantitativas y cualitativas son básicas para la planificación de prácticas de la ASAC con perspectiva de género. De igual manera, es importante destinar presupuestos orientados al trabajo en género y a sistemas de evaluación y monitoreo desde el nivel local al nacional. Algunos puntos clave que los gobiernos deben tener en cuenta con el fin de desarrollar e implementar políticas agropecuarias con el modelo de la ASAC sensibles al género son:

- a) Uso de herramientas científicamente robustas para la recolección de datos de alta calidad sobre género, desagregados en formatos cuantitativos y cualitativos y por niveles, desde la comunidad hasta el ámbito nacional. Estos datos llamarán la atención y serán básicos para la formulación, aplicación y evaluación de políticas públicas sensibles al género.
- b) Compromiso político para invertir en el uso de las herramientas de género para la recolección de datos, así como la apropiación de los datos recogidos.

- c) Participación de los actores clave, especialmente mujeres y jóvenes agricultores, en todos los niveles.
- d) Compromiso político para destinar recursos financieros y recursos humanos capacitados.
- e) Monitoreo y evaluación regulares de las políticas (incluyendo la revisión externa) para determinar si están reduciendo o aumentando las desigualdades de género.

#### **d. Casos de implementación**

El CCAFS ha empleado la caja de herramientas en Ghana, Uganda y Bangladesh en colaboración con el International Livestock Research Institute (ILRI), International Water Management Institute (IWMI), Cooperative for Assistance and Relief Everywhere (CARE International) y FAO (Jost y otros, 2016). La caja de herramientas ha sido usada en la región noroccidental de Ghana para explorar los recursos a los que los hombres, las mujeres y los jóvenes tienen acceso a medida que se enfrentan a un clima cambiante, su acceso a la información climática, las tendencias de adopción de prácticas de la ASAC y los arreglos institucionales que permiten o impiden su adopción.

Los resultados demuestran que las prácticas de la ASAC que involucran género son esenciales, ya que hombres, mujeres y jóvenes utilizan diferentes fuentes para obtener la información del clima y son miembros de diferentes organizaciones. Adicionalmente, se ha encontrado que los hombres tienen mayor movilidad que las mujeres y recorren distancias más largas fuera de la comunidad en bicicleta o en camiones, mientras que las mujeres se trasladan a pie (Naab y Koranteng, 2012).

En Bangladesh esta metodología encontró que los hombres y las mujeres se involucran en diferentes eslabones de la cadena de valor. Por ejemplo, los hombres son responsables de la producción primaria y la comercialización de los cultivos, mientras que las mujeres se involucran en el manejo poscosecha. En la producción ganadera, en cambio, las mujeres proporcionan la mano de obra, mientras que los hombres se encargan de comercializar la leche y otros productos. En el caso de Uganda se observan las mismas prácticas de disparidad de género en el manejo de cultivos y de ganado.

El uso de estas herramientas ha sido promovido en países centroamericanos a través de talleres participativos en los años recientes. El Centro Especializado de Atención a la Mujer (CEAMUJER) en Nicaragua ha empleado esta metodología para realizar un diagnóstico participativo en el proyecto sobre gestión integrada de recursos hídricos de la comunidad rural Valle de Casa; entre sus resultados, los participantes lograron identificar los cambios en el clima, la vegetación, los medios de vida y en el recurso hídrico de la comunidad.

### **5. Metodología 4: Encuestas y bases de datos como herramientas para conocer y monitorear el estado del sector agropecuario**

Para conocer el estado del sector agropecuario a nivel de finca, las encuestas de hogares son muy útiles para recopilar y analizar información básica para comprender las dinámicas agropecuarias y diseñar su planificación a futuro, incluyendo la SAN. Así mismo, la recopilación de datos agropecuarios mediante plataformas de fácil acceso es una manera de mejorar los análisis del sector para tomar decisiones contextualizadas. La Encuesta de Indicadores Múltiples de Hogares Rurales (RHoMIS, por sus siglas en inglés) está diseñada para caracterizar de manera rápida un conjunto de indicadores estandarizados del sistema alimentario y nutricional (productividad, seguridad alimentaria, nutrición, comercio, entre otros). La Plataforma de Modelación de Sistemas Mixtos de Cultivos y

Animales (IMPACTlite, por sus siglas en inglés) permite capturar información de diferentes actividades agropecuarias y caracterizar los principales sistemas de producción. A continuación, se describen estas herramientas.

## Encuesta de Indicadores Múltiples de Hogares Rurales, RHoMIS

### a. Revisión de literatura

La implementación de prácticas de la ASAC depende de la identificación de los vínculos entre las prácticas agropecuarias comerciales y las de subsistencia, las posibles opciones de adaptación y sus probables efectos en el rendimiento de los cultivos de la finca. Para hacer esta identificación se necesitan indicadores de rendimiento agrícola fiables, que sean útiles para proyectar escenarios y diseñar intervenciones que respondan a las diferentes necesidades de grupos específicos. Estos ejercicios se ven limitados por la falta de estandarización de los indicadores, lo que ha dado lugar a una variedad de herramientas e indicadores *ad hoc* que han sido influenciados por el manejo de la finca y el amplio contexto socioambiental.

Esto limita la comparación de estudios y la obtención de conclusiones generales sobre las relaciones y las disyuntivas entre las características y el manejo en finca, por una parte, y la nutrición, la seguridad alimentaria y la pobreza por la otra. El reporte *Rural Household Multi-Indicator Survey* (RHoMIS) es una encuesta de hogares diseñada para caracterizar rápidamente una serie de indicadores estandarizados de producción agropecuaria, integración de mercados, nutrición, seguridad alimentaria, pobreza y emisiones de GEI. Su aplicación toma entre 40 y 60 minutos por hogar, para lo que se utiliza una plataforma digital y un teléfono móvil o tableta. RHoMIS fue diseñada de acuerdo con las siguientes directrices:

- a) La encuesta tiene que ser lo suficientemente rápida de responder para evitar la fatiga o molestia del participante y mantener los costos bajos para financiar muestras más grandes con un presupuesto limitado.
- b) La encuesta debe ser utilitaria. Todas las preguntas son utilizadas en análisis predefinidos para reducir al mínimo el levantamiento de datos superfluos.
- c) La encuesta tiene que ser fácil de aplicar e interpretar, de modo que los aplicadores y analistas puedan realizar sus tareas de manera fluida, lo que acelera el trabajo y mejora la calidad de los datos.
- d) La encuesta tiene que ser flexible, de modo que pueda ser adaptada al contexto local de los hogares y sistemas agropecuarios de interés.
- e) Los datos recogidos tienen que ser fiables, y las respuestas deben basarse en criterios observables o por la experiencia directa de los encuestados, no con conceptos abstractos.

Una descripción detallada de la metodología RHoMIS está en Hammond y otros, 2016.

### b. Descripción de la metodología propuesta

Como ya se mencionó, RHoMIS se puede aplicar mediante teléfonos inteligentes y tabletas. La información obtenida se carga directamente a una plataforma que calcula los indicadores mediante programas como el software R. La herramienta puede ser ampliada con módulos adicionales para obtener indicadores e información en función de las necesidades locales del estudio que se esté desarrollando (Hammond y otros, 2016).

Los indicadores capturados por RHoMIS representan factores de la producción agropecuaria, la equidad de género, la nutrición y las relaciones de pobreza, además de que la herramienta captura indicadores clave para el enfoque de la ASAC (por ejemplo, las emisiones de GEI). En total, RHoMIS cuantifica 17 indicadores y está diseñada en forma modular, de modo que se pueden añadir otros indicadores de interés. Algunos de ellos son disponibilidad de alimentos, diversidad de la dieta, escala de acceso de la inseguridad alimentaria en el hogar<sup>24</sup>, índice de progreso de la pobreza, equidad de género, estimación de emisiones de GEI a nivel de fincas, productividad, valor de la producción e ingresos de la finca.

Los datos recogidos se cargan en un servidor donde las bases de datos están vinculadas a un conjunto de análisis automatizados que permiten una evaluación comparativa inmediata entre sitios y una caracterización dentro del sitio. La herramienta cuantifica los alimentos que se consumen durante los períodos buenos y malos del año y si fueron comprados o producidos en la finca. Esta información permite analizar los resultados a través de diferentes sendas de impacto de los sistemas alimentarios, ya sea mediante el aumento de la disponibilidad de productos alimenticios en el mercado o por la estimulación de la diversidad del sistema alimentario y nutricional desde el nivel de la finca.

### c. Resultados y productos

RHoMIS ha sido empleada en Centroamérica, África Subsahariana y Sudeste de Asia, donde ha generado información cuantitativa clave sobre las estrategias agropecuarias actuales y sobre cómo se combinan con los recursos productivos para generar condiciones de seguridad alimentaria y nutricional. Los resultados también muestran claras disyuntivas entre los valores de cada indicador de la encuesta y cómo las características socioculturales determinan la equidad de género e influyen fuertemente en las sendas para mejorar las dietas y la seguridad alimentaria. La herramienta también se ha aplicado en el Este de África para evaluar los cambios en los sistemas agropecuarios de los pequeños agricultores a través del tiempo y cómo tratan de enfrentar la variabilidad climática (Hammond y otros, 2016).

Los indicadores en las aplicaciones actuales de RHoMIS dan una visión adecuada del estado actual de las localidades y permiten evaluar el nivel de sostenibilidad y adaptación al clima de las estrategias agropecuarias. Los resultados pueden ser utilizados también en evaluaciones *post-hoc* de intervenciones específicas como la ASAC, pero no se limitan a ellas, ya que RHoMIS busca ser un marco de trabajo de indicadores genéricos. Su capacidad de adaptación a contextos específicos puede ampliar el análisis hasta incluir el manejo integrado de los recursos naturales y los nutrientes, la agricultura de conservación, la agricultura orgánica, el manejo integrado de plagas, la agrosilvicultura, el manejo integrado de la fertilidad del suelo y otros. De igual manera, puede ser usada para construir tipos de fincas, lo que es útil para orientar intervenciones dirigidas a diversos sistemas de finca o para generar la información necesaria para evaluaciones de impacto *ex-ante*. La

---

<sup>24</sup> La escala de Acceso de la Inseguridad Alimentaria en el Hogar (HFIAS, por sus siglas en inglés) estima la prevalencia de la inseguridad alimentaria y se basa en la idea de que su experiencia provoca reacciones predecibles que se pueden capturar, cuantificar y representar en una escala. Para identificar el aumento de esta condición, RHoMIS aplica nueve preguntas (llamadas “preguntas de ocurrencia”) y nueve preguntas de seguimiento de cada pregunta de ocurrencia para determinar la frecuencia de la condición ocurrida. Se pregunta a los encuestados sobre su inseguridad alimentaria durante el peor mes (‘mala temporada’) del año anterior. Las opciones de respuesta son frecuencia diaria, frecuencia semanal, frecuencia mensual o nunca/menos de un mes. El indicador se califica en una escala de 0 a 27, donde el número más alto significa experiencia de mayor inseguridad alimentaria.

estandarización de indicadores proporciona múltiples beneficios, pero es un área de investigación que ha sido ignorada en gran medida en la literatura actual.

#### d. Casos de implementación

RHoMIS ha sido aplicada en una diversidad de proyectos de desarrollo (financiados por USAID, BMZ, NORAD, DFID y FIDA, entre otros), con una base de datos de aproximadamente 5.000 familias de agricultores de Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua, Mali, Burkina Faso, Kenia, Tanzania, Malawi, Viet Nam, Laos y Camboya, y con más aplicaciones en proceso. Actualmente se está creando un sitio web en internet para distribuir las herramientas de recolección, visualización y análisis de datos a partir de fines de 2016 y principios de 2017. Los primeros datos que se pondrán en línea son los de 800 familias de agricultores, en cinco lugares de Nicaragua, El Salvador y Guatemala.

En el estudio de Hammond y otros (2016) se utiliza RHoMIS para obtener la información a nivel de hogar en dos sitios contrastantes y vulnerables al cambio climático, la región del Trifinio (lugar donde confluyen las fronteras de El Salvador, Guatemala y Honduras), y el distrito de Lushoto en Tanzania (*hotspot* de biodiversidad). Los hogares de la encuesta fueron seleccionados por las organizaciones colaboradoras; se consideraron hogares procedentes de un experimento de introducción de una variedad de frijol y el resto fue seleccionado al azar.

Los resultados muestran que los indicadores de seguridad alimentaria y diversidad de la dieta en el hogar son bajos, es decir, indican mala nutrición e inseguridad alimentaria en ambas regiones. Sin embargo, en la región del Trifinio los indicadores de productividad y disponibilidad de alimentos son altos, mientras que los de diversidad de cultivos son bajos, lo que explica en gran medida la escasa diversidad de la dieta en el hogar. En Guatemala se presenta el fenómeno del hambre oculta o ingesta suficiente de calorías e insuficiente de nutrientes o micronutrientes, reflejo de una producción concentrada en maíz y frijol y una baja diversidad de cultivos. En contraste, en Lushoto las fincas practican mayor diversidad de cultivos y más ganadería, lo que equivale a mayores puntajes en diversidad de dieta, aunque la energía total disponible es menor que en Guatemala.

Con respecto a las intervenciones de la ASAC, el estudio de Hammond y otros (2016) realizó comparaciones entre prácticas agropecuarias orientadas a la intensificación<sup>25</sup> y entre las que buscan mejorar la eficiencia<sup>26</sup>, ambas en los sistemas productivos. El estudio encontró que las prácticas agropecuarias orientadas a mejorar la eficiencia contribuyen a reducir las emisiones de GEI y a mejorar la seguridad alimentaria debido a que los sistemas productivos presentes en las zonas de estudio son de pequeña escala, particularmente en Trifinio. Otro hallazgo es que la efectividad de las intervenciones de la ASAC no solo depende de la estrategia, sino también de la interacción entre las características del hogar y el manejo de la finca; este es uno de los usos más importantes de la herramienta RHoMIS.

---

<sup>25</sup> Las prácticas agropecuarias intensivas generan menos emisiones de GEI en las grandes explotaciones agrícolas (Hammond y otros, 2016).

<sup>26</sup> Las prácticas agropecuarias eficientes son el manejo adecuado de los insumos como los abonos nitrogenados y la provisión de alimentos de mejor calidad para el ganado que permiten aumentar su peso.

## 6. IMPACTlite, plataforma de modelación integrada de sistemas mixtos de cultivos y animales

### a. Revisión de literatura

Numerosos estudios han tratado de comprender la influencia de los factores socioeconómicos, ambientales y sociopolíticos regionales en las decisiones de los agricultores. Sin embargo, y aunque en la actualidad se dispone de sistemas de información estándar para capturar datos que consideren los componentes de los sistemas agropecuarios (cultivos, ganado, suelo), todavía no se cuenta con suficientes sistemas de información para capturar estos datos (Herrero y otros, 2005). La plataforma IMPACT, descrita en páginas precedentes, fue creada para fomentar el intercambio de datos mediante el uso de protocolos estándar, permitiendo el uso de herramientas que facilitan el análisis de diversos sistemas productivos.

Desde sus inicios, la Plataforma IMPACT ha introducido mejoras; la más reciente es IMPACTlite (desarrollada en conjunto con el CCAFS) con una interfaz más amigable y fácil de utilizar. IMPACTlite proporciona un marco unificado para recopilar información detallada sobre los recursos, las estrategias de manejo y la productividad agropecuaria y la economía de los hogares (Yasubu, 2013). A este conjunto de datos se ha añadido información con enfoque de género sobre el control de recursos, la propiedad de la tierra y la asignación de actividades (Odongo, 2014).

### b. Descripción de la metodología propuesta

La plataforma IMPACTlite está conformada por 17 formatos para la recopilación de información agropecuaria. El primer formato corresponde a información relacionada con los miembros del hogar, e incluye datos sobre la estructura familiar y niveles de educación. El segundo formato corresponde a información sobre la distribución de las parcelas, requerimientos de producción, sistemas de riego y otros componentes del sistema productivo. El tercero corresponde a la clasificación de las actividades agropecuarias dentro de las fincas (Silvestri y otros, 2014a y 2014b). Los formatos son modificables, es decir, se pueden introducir nuevas preguntas o eliminar otras de acuerdo con el contexto de la región. El manual de usuarios para la implementación de esta metodología puede encontrarse en la base de datos de IMPACTlite<sup>27</sup>.

### c. Resultados y productos

IMPACTlite recopila datos que pueden generar tipologías de los hogares agropecuarios, suministrar datos para los modelos de simulación y generar información base o de referencia para las evaluaciones de impacto ambiental, con especial atención a las zonas tropicales (ILRI, s.f.). Otro tipo de información recolectada por los formatos de IMPACTlite está relacionada con extensión y propiedad de las tierras, mano de obra, tipos de actividad agropecuaria, insumos empleados, cantidad de producción, principales cultivos, tipos y usos de residuos de cosechas, inventarios ganaderos, actividades ganaderas y sus insumos, tipos y cantidades de alimento para ganado y tipos de productos de ganadería. También se obtiene información de la composición, los ingresos y los gastos del hogar, la propiedad de bienes, el consumo de productos de la finca y externos a ella, incluyendo los datos de género correspondientes (Silvestri y otros, 2014a y 2014b).

---

<sup>27</sup> Véase [https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/24751&studyListingIndex=0\\_d1e3eb1ade9384807a3162ac334f](https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/24751&studyListingIndex=0_d1e3eb1ade9384807a3162ac334f).

Los datos de IMPACTlite se pueden descargar fácilmente de la red. Es posible replicar la encuesta en otros sitios e incluso realizar comparaciones con datos no incluidos en la plataforma. El usuario puede modificar y generar otras encuestas con las herramientas existentes. Un uso posible de los datos generados por IMPACTlite es el diseño de modelos para realizar evaluaciones de impacto de manejos alternativos de cultivos o de intervenciones de política. Estos modelos permiten caracterizar los cultivos y generan un mejor conocimiento del funcionamiento del sistema para evaluar diferentes escenarios de manejo (Herrero y otros, 2005).

Además, los datos de IMPACTlite permiten evaluar *ex-ante* los impactos del cambio climático en la producción y el consumo de alimentos, la identificación de medidas de adaptación y mitigación, e indicadores de medios de vida y emisiones de GEI que sirven para estimar el impacto de la agricultura sobre el medio ambiente (Rufino y otros, 2012a y 2012b). IMPACTlite posee una base de datos con información recopilada en 15 sitios de muestreo en países de África Oriental, África Occidental y Sur de Asia<sup>28</sup>.

#### **d. Casos de implementación**

Una aplicación de IMPACTlite se encuentra en el estudio de Douxchamps y otros (2015), donde se recopilan datos empleados en la identificación de los vínculos entre determinadas estrategias de adaptación (diversidad de cultivos, conservación de suelos y agua, árboles en sistemas agropecuarios, pequeños rumiantes, variedades mejoradas de cultivos, fertilizantes), la seguridad alimentaria, las características del hogar agropecuario y la productividad agropecuaria en tres lugares agroecológicos diferentes de África Occidental (Burkina Faso, Ghana y Senegal). El protocolo de recolección de datos se describe en detalle en Rufino y otros (2012b). En los tres sitios de estudio se recolectaron datos de 600 hogares, con una estrategia de muestreo estratificado<sup>29</sup>.

La atención de IMPACTlite se centra en uno de los pilares de la seguridad alimentaria, la disponibilidad de alimentos, cuyo objetivo es obtener las cantidades suficientes y la calidad adecuada de los alimentos, que deben estar disponibles para los hogares a lo largo del año. Para estimar esta dimensión se calcularon los coeficientes de seguridad y autosuficiencia alimentarias. La tasa de seguridad alimentaria es la relación entre la energía consumida en un hogar (proveniente de las explotaciones propias y de los productos comprados), dividida entre la necesidad de energía del hogar. La tasa de autosuficiencia de alimentos es la relación entre la energía consumida por un hogar a través de productos de las explotaciones agropecuarias mismas, dividida entre las necesidades de energía del mismo hogar. Se considera que los hogares tienen seguridad alimentaria si la relación es mayor que uno.

Los resultados del estudio indican que las diferencias entre el área de tierra por habitante y la productividad de la tierra explican en gran medida la variación de la seguridad alimentaria en los diferentes sitios. Otro resultado es que los ingresos aumentan de forma constante con respecto a la extensión de la tierra poseída, y tanto los ingresos como la productividad de la tierra aumentan con el grado de orientación al mercado. Las estrategias de adaptación están generalizadas pero su intensidad es variable entre los tipos de hogares.

---

<sup>28</sup> Véase [en línea] <http://data.ilri.org/portal/dataset?q=impactlite>

<sup>29</sup> Los datos están disponibles en: Silvestri y otros (2014b). Véase [en línea] <https://dataverse.harvard.edu/dataverse/harvard?q=CCAFS+baseline>

Se encontró que las estrategias de adaptación mejoran la seguridad alimentaria de algunos hogares, pero no de todos. Algunas estrategias tuvieron un impacto positivo significativo en la productividad de la tierra, mientras que otras solo redujeron la vulnerabilidad representada en un flujo de caja a lo largo del año. La base de datos generada por este estudio forma parte de un estudio de línea base de estos tres sitios, y las encuestas se repetirán en el futuro.

Finalmente, dentro de este tipo de herramientas cabe mencionar los estudios de línea base del CCAFS, que son clave para el monitoreo, el aprendizaje y la evaluación de actividades del CCAFS. Los datos se recolectan al principio del establecimiento de los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC). El propósito es monitorear los cambios decisivos en el comportamiento y prácticas de los TeSAC a lo largo del tiempo, evitando atribuirlos a intervenciones específicas y más bien a inferir si la resiliencia de los agricultores ha aumentado o no. Estos estudios contribuyen a priorizar la investigación futura y apoyan la relación con socios estratégicos en investigación y desarrollo. Los estudios de línea base del CCAFS se realizan a nivel de hogares, comunidades y organizaciones.

En el primer nivel se obtiene la información relacionada con la SAN. El volumen de alimentos consumidos en el hogar proveniente de la finca y el volumen comprado afuera es uno de los indicadores del estudio. La metodología sugiere un índice de seguridad alimentaria basado en el número de meses que la familia no tiene suficiente alimento para su alimentación mínima. De igual forma, se establecen indicadores para determinar los cultivos asociados a la seguridad alimentaria y las fuentes de alimento fuera del hogar. Los análisis de los estudios de línea base permiten contar con información para priorizar las opciones de la ASAC que se deben promover e implementar para reducir los efectos negativos del clima cambiante en la seguridad alimentaria.

## 7. Metodología 5: Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC)

### a. Revisión de literatura

Los retos actuales de los agricultores con respecto al clima se están convirtiendo en una barrera creciente para el mantenimiento de la productividad agropecuaria. Entre el 32% y el 39% del rendimiento agropecuario mundial está determinado por el clima, lo que se traduce en fluctuaciones de producción anuales de aproximadamente 2.000.000 a 22.000.000 de toneladas de cultivos como maíz, arroz, trigo y soya (Ray y otros, 2013). Las proyecciones de producción de alimentos de la FAO para 2050 frente al crecimiento de población prevén la necesidad de incrementar al menos en un 60% la producción mundial para entonces.

Por otra parte, el IPCC plantea que, de acuerdo con los escenarios de cambio climático, se espera una disminución de al menos un 5% de la producción agrícola global por cada grado centígrado de aumento de la temperatura. En este sentido, y para mantener el crecimiento de la producción agropecuaria al tiempo que se minimiza el impacto sobre el medio ambiente, es clave tener una producción sostenible de alimentos y cumplir los ODS. La ASAC busca aportar en este sentido con tres objetivos:

- a) Incrementar de manera sostenible la productividad agropecuaria para apoyar los aumentos equitativos del ingreso rural, la seguridad alimentaria y el desarrollo.
- b) Adaptar y fortalecer la resiliencia de los sistemas de seguridad alimentaria al cambio climático en múltiples niveles.
- c) Reducir las emisiones de GEI de la agricultura (incluyendo las de cultivos, ganadería y pesca).

Es fundamental generar evidencia de cómo las diferentes prácticas, tecnologías, servicios, procesos y arreglos institucionales de la ASAC contribuyen a sus objetivos. En ese sentido, el CCAFS desarrolló el enfoque TeSAC, cuya promoción tiene como propósito contribuir a cerrar los vacíos de evidencia a través de la investigación participativa con plataformas multiactores, teniendo como eje fundamental los pequeños agricultores y sus retos, tanto en términos de la relación clima-agricultura como aquellos asociados al desarrollo rural. El enfoque TeSAC también busca mejorar la resiliencia de los pequeños agricultores ante un clima variable y reducir las emisiones de GEI.

### b. Descripción de la metodología propuesta

Un TeSAC es un espacio para generar evidencia significativa y sistemática de la eficiencia de la ASAC mediante pruebas y evaluaciones de sus prácticas tecnológicas, sociales, institucionales, financieras, de cadenas de valor y políticas innovadoras e integradas en escenarios de la vida real (véase el diagrama II.6).

**DIAGRAMA II.6**  
**COMPONENTES DE UN TESAC**



**Fuente:** Elaborado por CGIAR/CCAFS.

Los TeSAC se fundamentan en los principios de investigación participativa para aterrizar la investigación en condiciones habilitadoras locales y contexto-específicas. El enfoque genera innovaciones metodológicas de Investigación y Desarrollo (I+D) mediante el uso de plataformas colaborativas multiactor que facilitan el codesarrollo de mecanismos de escalamiento hacia los niveles de paisaje, subnacional y nacional. En los TeSAC el énfasis siempre debe estar en el escalamiento involucrando a socios y procesos.

En otras palabras, los TeSAC son laboratorios vivos donde las comunidades prueban, codesarrollan y adoptan portafolios integrados de la ASAC que requieren inversión para el escalamiento. Los TeSAC proporcionan un marco sólido para desarrollar investigación de ambientes habilitadores (contextos específicos socioeconómicos, barreras e incentivos financieros, institucionales

y políticos) y obtener la evidencia base para el escalamiento de la ASAC. Además de ser vehículos de escalamiento, los TeSAC catalizan la convergencia de iniciativas y acciones en las diferentes escalas, por ejemplo, programas de adaptación y mitigación nacional y regional.

El principal objetivo del enfoque TeSAC es tener un impacto positivo en las comunidades dependientes de la agricultura, que incluya necesariamente la participación de mujeres y comunidades marginales. Las diferencias de género son evaluadas para asegurar que la priorización y desarrollo de portafolios de las tecnologías, mejores prácticas y servicios de la ASAC aborden temas de género e inclusión social.

### **c. Resultados**

Los TeSAC buscan ser generadores de evidencia de la efectividad de las tecnologías, prácticas y servicios de la ASAC, juntamente con las comunidades y los actores locales. Es así como, estos territorios sirven como puente para escalar e implementar las diferentes opciones de la ASAC, que hayan demostrado una contribución a la seguridad alimentaria, así como a la adaptación y mitigación al cambio climático.

En los TeSAC se genera evidencia en cuanto a opciones de adaptación asociada al recurso hídrico (cosecha de agua de lluvia, nivelación láser del suelo, micro-riego, siembra en cama y métodos de establecimiento del cultivo), a los nutrientes (manejo específico de nutrientes, fertilizantes de precisión, manejo de residuos), al carbono y la energía (agroforestería, bombas solares, labranza de conservación, legumbres, manejo de ganadería), a la adaptación al clima (servicios de extensión basado en tecnologías de la información y comunicaciones (TIC), seguros agropecuarios indexados, variedades tolerantes a estrés), y al conocimiento (aprendizaje campesino a campesino, fortalecimiento de capacidades, bancos de semilla comunitarios y cooperativas, diversificar cultivos y manejar riesgos fuera de la finca) (véase el diagrama II.7).

Los TeSAC persiguen aumentar la producción y el ingreso de los agricultores, así como a la estabilidad en el ingreso ante eventos de riesgo climático y adaptación en el largo plazo al cambio climático. Buscan también un desarrollo bajo en emisiones de GEI, buscando convergir con los programas de gobierno y acceder y general finanzas climáticas y desarrollo. Sin embargo, no hay un paquete fijo de intervenciones de la ASAC o un enfoque que se ajuste a todos. Las intervenciones de la ASAC difieren de acuerdo con la región, sus características agroecológicas, nivel de desarrollo y capacidad e interés de los agricultores, actores y gobiernos locales.

**DIAGRAMA II.7**  
**OPCIONES DE LA ASAC QUE SE PUEDEN IMPLEMENTAR EN LOS TESAC**



Fuente: Elaborado por CGIAR/CCAFS.

#### d. Casos de implementación

##### a. Territorio Sostenible Adaptado al Clima en Los Cerrillos (Cauca, Colombia)

Este TeSAC está ubicado en el departamento del Cauca, Colombia, una de las regiones más afectadas por el conflicto armado en ese país. En el contexto de los acuerdos de paz, esta región constituye un laboratorio adecuado para investigar cómo un entorno habilitador podría promover el desarrollo rural con un enfoque territorial. Este TeSAC presenta una notable diversidad cultural (indígenas y afrodescendientes), y sus problemas sociales y económicos se han exacerbado por la vulnerabilidad climática y ambiental. En este contexto ha habido cohesión social a través del proceso de titularización de tierras a cargo del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia, con la participación de las Juntas de Acción Comunal (JAC). Este entorno ha facilitado la evolución orgánica de una plataforma de actores que incluía inicialmente a la Fundación Ecohabitats y la Asociación JAC, que reúne 14 veredas y a CCAFS. La plataforma ha ido evolucionando y ahora incluye instituciones públicas locales y regionales, instituciones técnicas (Instituto Nacional de Servicios de Aprendizaje, SENA), universidades y centros de investigación. Esta plataforma de innovación apoya la co-creación de conocimiento mediante la implementación de prácticas, tecnologías y servicios de la ASAC y la consolidación de una comunidad resiliente que aprovecha los cambios generados por el clima, pero al mismo tiempo mejora los medios de vida y aspira a conseguir una agricultura sostenible (véase el diagrama II.8). Los jóvenes de la vereda están codiseñando un futuro plausible para su pueblo y al ser parte de este proceso se han reconocido como pieza fundamental del desarrollo en donde encuentran oportunidades interesantes para mejorar la calidad de vida de ellos y de sus padres (CGIAR/CCAFS, 2016).

**DIAGRAMA II.8**  
**COLOMBIA: FRENTES DE ACCIÓN DEL TESAC DE LOS CERRILLOS EN CAUCA**



**Fuente:** Elaborado por CGIAR/CCAFS.

El TeSAC del Cauca comenzó por entender y asimilar el significado del clima y sus cambios para la gente de la comunidad y sus medios de vida. Con esta información, la comunidad desarrolló su propio análisis de vulnerabilidad de sus fincas. Luego se identificaron las acciones para reducir dicha vulnerabilidad (véase el diagrama II.9). Las acciones fueron priorizadas en el plan de adaptación locales elaborados por cada familia. El plan incluye diversificación de cultivos, además del café y la caña de azúcar, que puedan ser incluidos en sus sistemas agrícolas, como frijol y yuca. Estas acciones se están materializando con medidas de adaptación como monitoreo de los niveles de precipitación, temperatura y humedad desde la finca, participación en la Mesa Técnica Agroclimática del Cauca, cosecha de agua de lluvia, cultivo de huertas verticales, circulares y tradicionales, instalación de biodigestores y evaluación de variedades mejoradas de frijol, entre otras (CGIAR/CCAFS, 2016).

Como parte del proceso de implementación de los planes de adaptación local se están adelantando mecanismos de aprendizaje entre campesinos e intercambio entre comunidades para compartir experiencias y lecciones aprendidas. El trabajo con los jóvenes se concentra en entrenamiento en comunicación y sistemas de información geográfica. Las instituciones académicas y municipales sirven como enlace con la política nacional. Como resultado de ello, la Secretaría de Agricultura de Popayán incluirá la metodología de planes de adaptación local como parte del programa municipal de educación ambiental, pondrá en marcha un proyecto piloto en el TeSAC y fortalecerá la Red de Jóvenes para el Medio Ambiente a nivel municipal (CGIAR/CCAFS, 2016).

**DIAGRAMA II.9**  
**PROCESO DE PRIORIZACIÓN DE OPCIONES DE LA ASAC EN EL TESAC**



Fuente: Elaborado por CCAFS.

El seguimiento y la evaluación de las prácticas priorizadas por la comunidad se desarrollan dentro de la plataforma de innovación del TeSAC, en la que se incluyen indicadores de rendimiento, productividad, diversificación de cultivos y otros. La investigación de las emisiones de GEI en el campo incluye la modelación de las emisiones de GEI de los diferentes usos de la tierra, la recolección de datos de los sumideros de carbono y de emisiones potenciales de GEI en las fincas seleccionadas, validación de los modelos mecanicistas seleccionados a partir de datos de las áreas críticas en términos de emisiones de GEI, análisis del impacto de las medidas de mitigación y adaptación al cambio climático (CGIAR/CCAFS, 2016).

## D. MÉTODOS PROPUESTOS POR EL INSTITUTO DE NUTRICIÓN DE CENTROAMÉRICA Y PANAMÁ (INCAP)<sup>30</sup>

### I. Impacto sobre la nutrición

#### a. Determinantes de la malnutrición

El estado nutricional de las personas depende no solo del consumo de alimentos, sino que también es influido por tres tipos de causas: inmediatas, subyacentes y básicas (Black y otros, 2008). Las causas inmediatas son las referidas a una dieta de calidad y cantidad, y están conectadas con el estado de salud de la persona. Una dieta diversificada, saludable y sostenible es aquella que provee los nutrientes necesarios para el cuerpo humano. Las enfermedades (infecciosas o no) disminuyen el

<sup>30</sup> Esta sección fue elaborada por Carolina Siu y Wilton Pérez, con el apoyo técnico de Leopoldo Espinoza, Norma Alfaro, Ana Victoria Román, Humberto Méndez, Manolo Mazariegos, Rocío Castañón, Vivi Tomas, Anselmo Aburto (q.e.p.d), Gustavo Arroyo, Pilar López, Rudy Guzmán y Mireya Palmieri, del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP).

apetito y limitan la absorción y el uso biológico de los nutrientes por el organismo. Satisfacer la absorción y el uso biológico requiere de causas subyacentes, es decir, alimentos disponibles y accesibles en todo momento para toda persona, en la cantidad necesaria en términos nutricionales de acuerdo con sus requerimientos ya sea por edad, sexo, estado fisiológico y actividad física.

Los cuidados y el apoyo de desarrollo son elementos subyacentes que refuerzan la estimulación temprana para alcanzar el potencial del crecimiento humano (Hurley, Yousafzai y Lopez-Boo, 2016). La carencia de un ambiente sano expone al niño a enfermedades infecciosas (Fewtrell y otros, 2005; Strunz y otros, 2014). Un adecuado acceso a servicios sociales, como salud o educación, es la respuesta a situaciones graves de salud del individuo. Las causas básicas de la malnutrición son el bajo poder adquisitivo de las personas y familias, la desigualdad social de recibir atención e intervenciones, y otras causas relacionadas con realidades políticas y factores climáticos (Ruel y Alderman, 2013).

La capacidad de compra y los aspectos culturales y sociales, así como las habilidades culinarias son determinantes en los patrones alimentarios y la seguridad alimentaria y nutricional. El patrimonio culinario está amenazado por la transculturización, por el proceso de extinción o desaparición de algunos alimentos saludables, la disminución de la biodiversidad alimentaria y la copia de nuevos patrones de alimentación occidentales con dietas ricas en grasas, azúcares y sodio, que se caracterizan por no saciar el apetito y crean adicción, aumentando así el *bliss point* de los azúcares, la sal y las grasas (Satia, 2010). Como parte de una dinámica de transculturización, el agricultor y consumidor urbano no tienen puntos de encuentro en la cadena alimentaria, ya que el productor está respondiendo a la demanda del mercado industrial y se queda centrado solamente en la actividad agrícola más básica. Los intermediarios son quienes absorben la actividad comercial (OPS, FAO, CEPAL, IICA, y DD.HH, 2014).

El nivel de información y conocimiento de una persona sobre la alimentación adecuada y su contribución a la salud y la nutrición tienen efectos en el consumo de una dieta más variada y nutritiva (Barreiro-Hurl, Gracia y De-Magistris, 2010; Worsley, 2002). El desarrollo de las preferencias por alimentos sanos y nutritivos desde temprana edad influye en el patrón de consumo adulto (Ventura y otros, 2013). Es importante difundir el acervo de conocimientos sobre los beneficios nutricionales y de salud de los alimentos, sobre todo entre los pequeños productores y los consumidores, ya que estos conocimientos se están perdiendo en los cambios en los patrones de consumo, a través de la comercialización globalizada de productos altos en densidad calórica y bajos en nutrientes. Existe una tendencia a creer que el mejoramiento de los ingresos en el hogar se traduce en un mayor consumo de alimentos de origen animal en todo el mundo, mientras que otros alimentos tradicionales, como productos de hortalizas, no forman parte de esta nueva cultura alimentaria globalizada.

Los estilos de vida y los papeles de género también impactan los patrones de alimentación y las cantidades consumidas. Las mujeres sufren más deficiencias nutricionales, sobrepeso y obesidad que los hombres. En esto influyen necesidades biológicas y patrones de actividad física, pero posiblemente también normas sociales y culturales reproductoras de la discriminación y la desigualdad de género.

## b. La nutrición y el cambio climático

Un sistema alimentario y nutricional vulnerable a los efectos del cambio climático es un riesgo que aumenta la inseguridad alimentaria y nutricional. Las sequías, las inundaciones y los eventos climáticos extremos limitan la disponibilidad y consumo de alimentos, por no mencionar la diversidad de la dieta. De acuerdo con el IPCC, la escasez del agua es uno de los factores que reducirá la producción futura de alimentos y afectará mayormente a las regiones tropicales (Brown y Funk, 2008; Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition, 2015; Vermeulen, Campbell e Ingram, 2012; Wheeler y von Braun, 2013).

La erosión de los suelos es otro factor que limita la fertilidad y calidad de la tierra a corto y mediano plazos. Se estima que un incremento de 1 °C de la temperatura mínima del ciclo agrícola podría reducir hasta en un 10% la producción de arroz, trigo y maíz (Brown y Funk, 2008). Esto tendrá un impacto negativo en las poblaciones más vulnerables, particularmente las mujeres y sus hijos, cuya condición nutricional se tornará más crítica, lo que reducirá su capacidad para enfrentar situaciones extremas y agravará su vulnerabilidad.

Por otro lado, los problemas de exceso nutricional (obesidad y sobrepeso) pueden ser disminuidos por la inseguridad alimentaria provocada por la variabilidad climática (Darmon y Drewnowski, 2015; Dodge, 2013). Dos aspectos clave de la SAN son el consumo y la utilización biológica. Una buena nutrición requiere una dieta que satisfaga los requerimientos de nutrientes y un buen estado de salud, que permita al cuerpo humano absorber eficientemente los nutrientes para realizar sus funciones metabólicas y físicas.

## c. El estado de la desnutrición en un contexto de cambio climático

La alimentación depende de factores físicos, económicos y sociales, pero la disponibilidad de alimentos, la capacidad de compra y el número de miembros del hogar determinan su demanda y consumo. Estudios de proyección estiman que entre 5 millones y 170 millones de personas podrían estar en riesgo de hambre para 2080 por el impacto del cambio climático dependiendo del escenario, es decir, con un nivel de consumo de calorías inferior al mínimo necesario (Parry, Rosenzweig, Iglesias, Livermore y Fischer, 2004; Schmidhuber y Tubiello, 2007)<sup>31</sup>. La reducción de la producción de alimentos podría aumentar la desnutrición infantil en un 20% para 2050 (Lloyd, Sari Kovats y Chalabi, 2011). Estos efectos serían mayores en poblaciones en condición de pobreza sin acceso a tierra y cultivos.

Los efectos del cambio climático incrementarán el número de niños desnutridos crónicos, es decir, cortos de estatura o talla para su edad, de acuerdo con los estándares de crecimiento de la OMS de 2006. En una reciente proyección mundial, la OMS estimó la proporción de preescolares con desnutrición crónica severa y moderada en tres escenarios económicos, con y sin cambio climático en 12 regiones del mundo<sup>32</sup>. De acuerdo con los resultados del informe, se espera una tasa anual de

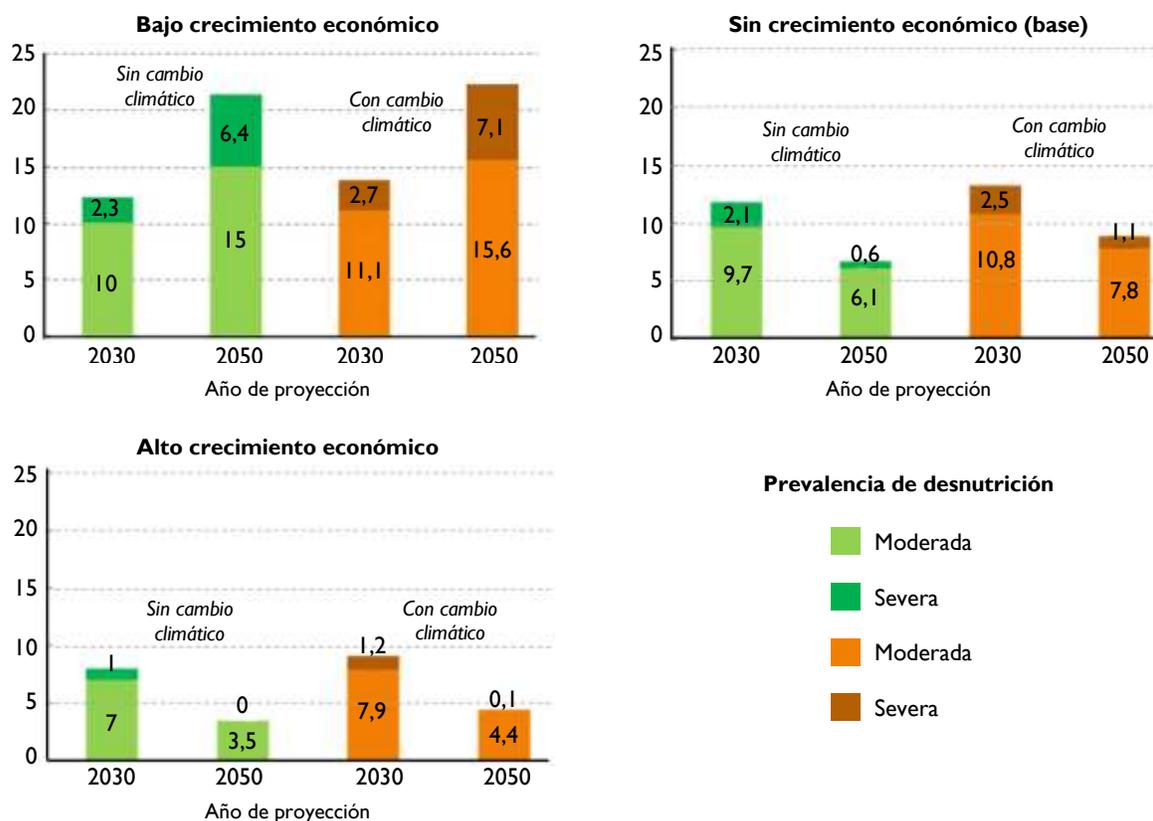
<sup>31</sup> Este amplio rango refleja la gran incertidumbre implícita en escenarios a 2050 y los supuestos de los diversos escenarios.

<sup>32</sup> ASIA CENTRAL: Armenia, Azerbaiyán, Georgia, Kazakstán, Kirgizstan, Mongolia, Tayikistán, Turkmenistán y Uzbekistán; ESTE DE ASIA: República Popular China y la República Democrática Popular de Corea; SUR DE ASIA: Afganistán, Bangladesh, Bután, India, Nepal y Pakistán; SURESTE DE ASIA: Camboya, Indonesia, República Democrática Popular de Lao, Malasia, Myanmar, las Filipinas, Sri Lanka, Tailandia y Viet Nam; CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE: Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, la Guyana Francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Suriname y la República Bolivariana de Venezuela; AMÉRICA LATINA MEDIA: Estado Plurinacional de Bolivia, Brasil, Ecuador, Paraguay y el Perú; AMÉRICA LATINA SUR: Argentina, Chile y Uruguay; NORTE DE ÁFRICA Y MEDIO ORIENTE: Argelia, Bahreín, Egipto, Irán, Jordania, Kuwait, Líbano, Libia, Marruecos, Omán, Qatar, Arabia Saudita, Siria, Túnez, Turquía y los Emiratos Árabes Unidos; ÁFRICA SUBSAHARIANA CENTRAL:

reducción de desnutrición infantil crónica de 2%, entre 2030 y 2050 en las regiones analizadas, que se traduce en que la cifra de desnutrición infantil disminuiría de 200,6 millones a 133,4 millones en el escenario socioeconómico base (WHO, 2014).

Sin embargo, en el escenario de cambio climático la OMS proyecta que en estas regiones habría 7,5 millones de desnutridos crónicos en edad preescolar adicionales de lo que se esperaría sin cambio climático en 2030, y 10,1 millones en 2050. En Centroamérica y el Caribe se le atribuye al cambio climático el 1,5% (del 13,3% de esta región) de prevalencia de desnutrición infantil adicional al escenario sin cambio climático para 2030 y 2,2% (del 8,9% de la región) en 2050, en el escenario socioeconómico base (WHO, 2014) (véase el gráfico II.5). En el recuadro II.1 se describe la metodología usada para estimar la desnutrición en un escenario de cambio climático.

**GRÁFICO II.5**  
**CENTROAMÉRICA Y EL CARIBE: PREVALENCIA DE DESNUTRICIÓN CRÓNICA, 2030 Y 2050**  
(En porcentajes)



Fuente: WHO, 2014.

Nota: Para este estudio, el término Centroamérica y el Caribe hace referencia a los siguientes países: Belice, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guyana Francesa, Guatemala, Guyana, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Suriname y la República Bolivariana de Venezuela.

Angola, la República Central de África, Congo, la República Democrática del Congo, Guinea Ecuatorial y Gabón; ÁFRICA SUBSAHARIANA ORIENTAL: Burundi, Djibouti, Eritrea, Etiopía, Kenia, Madagascar, Malawi, Mozambique, Ruanda, Somalia, Sudán, Uganda, la República Unida de Tanzania y Zambia; ÁFRICA SUBSAHARIANA DEL SUR: Botswana, Lesoto, Namibia, Sudáfrica, Suazilandia y Zimbabue, y ÁFRICA SUBSAHARIANA OCCIDENTAL: Benín, Burkina Faso, Camerún, Chad, Costa de Marfil, Gambia, Ghana, Guinea, Guinea-Bissau, Liberia, Malí, Mauritania, Níger, Nigeria, Senegal, Sierra Leona y Togo.

Tanto en un contexto económico de no crecimiento como en uno de alto crecimiento, el cambio climático desaceleraría la reducción de la prevalencia de desnutrición crónica infantil para 2050. En el contexto de bajo crecimiento económico la desnutrición crónica aumentaría ligeramente más rápido en un ambiente de cambio climático que en otro sin cambio climático.

**RECUADRO II.1**  
**DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA PARA ESTIMAR LA DESNUTRICIÓN**  
**EN ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO**

La metodología para desarrollar las proyecciones de desnutrición crónica futura en diferentes escenarios de cambio climático y condiciones socioeconómicas está descrita en un reporte de la OMS de 2014 (WHO, 2014) y en otro reporte elaborado por el International Food Policy Research Institute en 2010 (Nelson y otros, 2010). Los modelos y las técnicas estadísticas empleadas están explicadas de manera detallada en ambos documentos. En este recuadro se describen sucintamente algunos procedimientos y elementos que los autores usaron en sus proyecciones:

- a) Estimaciones de disponibilidad calórica a nivel nacional: cifras proyectadas para el período 2030-2050 en dos escenarios, uno con cambio climático y otro sin cambio climático. La base de datos fue obtenida de otros reportes (Nelson y otros, 2010). En el análisis se considera la situación socioeconómica de 32 países que juntos concentran el 90% de la desnutrición crónica infantil, considerando retardo en talla/estatura para la edad  $<-2$  desviaciones estándares con relación al estándar de crecimiento de OMS (2006).
- b) Estimación de la distribución de alimentos en los países. Con las proyecciones de calorías se estimó la proporción de la población que se espera estaría subnutrida en cada escenario.
- c) Estimación de la desnutrición crónica. Los autores consideraron dos causas principales, una es la falta de alimentos o acceso, representada por la proporción de la población subnutrida; la otra causa comprende un elemento no alimentario representado por un conglomerado de factores socioeconómicos como el producto interno bruto y el índice de Gini. También se consideraron efectos de interacción en la modelación.

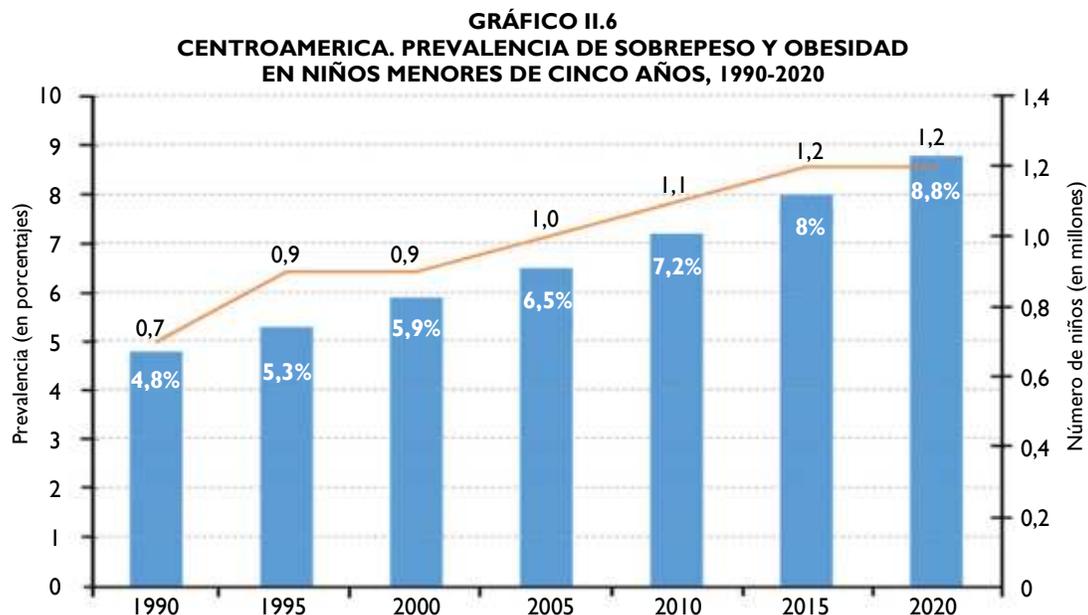
## 2. El estado de los excesos nutricionales en un contexto de cambio climático

La obesidad se debe generalmente al sobreconsumo de alimentos y bebidas altamente calóricas por encima de los requerimientos dietéticos esperados para una edad y una condición física específicas (Ngo y otros, 2016). La hipótesis del gen ahorrador supone que las restricciones calóricas a edad temprana están vinculadas al aumento de peso, a la resistencia insulínica y otros factores de riesgo relacionados con enfermedades crónicas no transmisibles en edades posteriores de la vida (Speakman, 2008).

Los extremos climáticos provocan escasez y aumento de precio de los alimentos frescos y saludables, lo que orilla a la gente afectada a consumir alimentos ultraprocesados y bebidas azucaradas (Darmon y Drewnowski, 2015; Dodge, 2013). Estos impactos son observados en grupos poblacionales con nivel socioeconómico bajo, en los que hay barreras de acceso a las opciones de alimentación saludable. En Francia, la densidad de costo por caloría (euros/100 kcal) es inversa a la densidad de caloría por 100 gramos ( $R^2 = -41\%$ ), lo que significa que los alimentos densos energéticamente cuestan menos que los menos densos (Darmon y Drewnowski, 2015). Otro estudio en Reino Unido encontró que una dieta que sigue las recomendaciones nutricionales es dos veces más costosa que una dieta poco saludable (Morris y otros, 2014). Un metaanálisis confirmó que un patrón

dietético saludable cuesta 1,5 dólares diarios más que un patrón de dieta menos saludable (Darmon y Drewnowski, 2015).

Para 2020, la prevalencia del sobrepeso y la obesidad en menores de cinco años a nivel global podría duplicarse con respecto a 1990, de acuerdo con estimaciones de de Onis, Blössner y Borghi (2010). Esto equivale a 60 millones de menores con sobrepeso u obesidad. La prevalencia de estas condiciones será mayor en países desarrollados, pero el incremento será mayor en los países en desarrollo. En Centroamérica se espera que la prevalencia de ambas condiciones aumente y alcance al 8,8% de los menores para 2020, lo que equivale a 1.200.000 menores de cinco años (véase el gráfico II.6).



Fuente: de Onis, Blössner y Borghi, 2010.

### 3. Análisis del impacto del cambio climático sobre la nutrición

Un incremento de cuatro grados de la temperatura ambiente en este siglo implicaría el aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos climáticos en Centroamérica y la República Dominicana. Si se considera que la región es una de las más vulnerables a eventos climáticos por su posición geográfica, estos repercutirán más en los medios de vida, principalmente de las familias de bajos recursos que habitan en las zonas rurales más áridas, lo que aumentará la migración hacia las ciudades. A su vez, la migración hacia las ciudades incrementaría los bolsones de pobreza urbana y el número de personas con hambre y subnutrición.

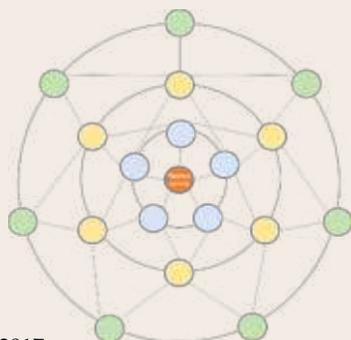
En el diagrama II.10 se representa la propuesta de la rueda del futuro para el análisis del impacto del cambio climático en la nutrición humana. La hipótesis supone un incremento de temperatura de 4 °C para 2100 (en el escenario A2 del IPCC) como centro de la rueda. Las posibles consecuencias se muestran en círculos concéntricos. En el primero se representan las consecuencias directas o primarias, y en los siguientes se representan las consecuencias indirectas (secundarias, terciarias y así sucesivamente). En el recuadro II.2 se hace una descripción de la metodología del diagrama II.10.

### RECUADRO II.2 DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA DE LA RUEDA DEL FUTURO

La metodología de la rueda del futuro es adecuada para organizar procesos de lluvia de ideas donde las relaciones de causa y efecto son analizadas en su carácter temporal y con visión de futuro. Un grupo de actores clave explora, organiza y clarifica tales relaciones, distinguiendo las influencias primarias, secundarias, terciarias y así sucesivamente. La metodología fue desarrollada por Jerome C. Glenn en 1971 con el propósito de que las ideas generadas sean organizadas en una visión integral y comprehensiva de los escenarios futuros del problema bajo estudio, y no como herramienta de predicción. Los participantes clave son conocedores del tema. La rueda puede ser individual, de pares o de grupos, y los pasos para implementarla son:

- Elección de un tema o problema que podría ocurrir en el futuro.
- Vincular las consecuencias primarias al tema central y anotarlas alrededor del centro para crear el primer círculo concéntrico.
- Una vez identificadas las consecuencias primarias se identifican las secundarias.

Solo se incluyen en los círculos las consecuencias aceptadas por todos los miembros del grupo. Si una consecuencia es considerada improbable por un solo miembro basta para que no se le incluya.



A la izquierda se representa una rueda del futuro en cuyo centro figura el término central o causa principal. Las tendencias discernidas se organizan en círculos concéntricos: consecuencias primarias en círculos color azul, consecuencias secundarias en círculos color amarillo, y consecuencias terciarias en círculos color verde.

Fuente: INCAP, 2017.

La flexibilidad y fortaleza de la metodología es que permite predecir no solo un solo escenario futuro, sino que busca diferentes escenarios y potenciales redes de causalidad. El análisis del impacto del cambio climático en la nutrición fue realizado con la metodología de rueda del futuro anteriormente descrita (Toivonen y Viitanen, 2016). Para implementarla se tomaron los siguientes pasos:

- Paso 1: organización de una sesión de trabajo con profesionales en la SAN, del Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. Los participantes tienen experiencia en diseño, implementación y evaluación de programas de alimentación y nutrición en los países de Centroamérica y la República Dominicana.
- Paso 2: escenario climático de incremento de 4 °C para 2100. En el taller del INCAP el escenario de cambio climático tuvo un aumento de 4 °C, a 2100. Se consideraron consecuencias primarias sobre la nutrición y por cada una de ellas se consideraron consecuencias secundarias y posteriormente consecuencias terciarias.



También podrían emerger cambios mayores en los patrones alimentarios por el consumo de alimentos ricos en grasas, sodio y azúcares, deficientes nutricionalmente pero más accesibles. El incremento de la temperatura y la limitada calidad y cantidad de agua tendrán efectos en el aumento de la morbilidad y mortalidad por enfermedades infecciosas y malnutrición, condiciones que demandarán mayor asistencia médica. Por otra parte, la infraestructura de los servicios de salud podría ser dañada por eventos climáticos extremos o ser usada como albergue para damnificados.

## 5. Efectos en la disponibilidad, diversidad de alimentos, consumo y utilización biológica

Los impactos esperados del cambio climático en la alimentación son reducción de cosechas, menor disponibilidad y menor calidad de alimentos e incremento de los precios, tal como se ha estado evidenciando en diversas partes del mundo (Myers y otros, 2015). En este contexto ha quedado claro que, a mayor exposición a CO<sub>2</sub>, mayor la reducción del contenido nutricional de los cultivos en hierro y cinc, principalmente. Todos los cultivos pueden resultar afectados, pero sobre todo el trigo, el maíz, el frijol y el arroz, lo que aumenta su costo e importaciones. En Centroamérica la dependencia alimentaria será mayor, de modo que la dependencia de la población a los programas gubernamentales de alimentación crecerá también.

Se prevé una reducción de la disponibilidad de alimentos frescos de origen animal, cuyos precios ya son altos y no pueden ser comprados por la población en pobreza. Esta carencia disminuirá la diversidad de la dieta y el consumo de alimentos autóctonos, lo que puede acelerar la tendencia al cambio de los patrones alimentarios que ocasionan sobrepeso, obesidad y un mayor riesgo de enfermedades crónicas como diabetes e hipertensión, entre otras.

También se prevé una reducción de la biodisponibilidad de nutrientes, lo que aumenta el hambre oculta expresada como deficiencia de vitaminas esenciales y minerales. Otra tendencia importante de la transición alimentaria es el crecimiento de las ventas mundiales de productos sustitutos de la leche materna, que crecieron de 200 millones de dólares en 1989 a 40 mil millones de dólares en 2013, y sumarán 70,6 mil millones de dólares en 2019, lo que implica mayor inseguridad alimentaria y ambiental para los niños lactantes (Victoria y otros, 2016). Además, estas fórmulas infantiles impactarán el medio ambiente con un aumento en las emisiones de GEI durante su ciclo de vida (producción, transporte, distribución, consumo y desperdicio). Se estima que cada kg de leche en polvo, tan solo en su producción y procesamiento, incrementa las emisiones de GEI a razón de 21,8 kg de CO<sub>2</sub> (BPNI e IBFAN Asia, 2014).

## 6. Efecto en la calidad y cantidad del agua

La disponibilidad de agua de calidad para la producción, consumo, higiene y manejo de los alimentos, especialmente en zonas áridas, también disminuirá. Esto aumentará el número de enfermedades infecciosas transmitidas por el agua y los alimentos contaminados, lo que puede aumentar las tasas de desnutrición aguda y afectar principalmente a menores. La inocuidad de los alimentos se verá afectada desde la producción hasta la mesa, lo que dificultará cumplir los requisitos de una alimentación sana y exacerbará el incremento de microbios patógenos, la contaminación por toxinas (ej., aflatoxinas) y la contaminación por residuos de productos pesticidas, lo que a su vez puede alterar el metabolismo de nutrientes y favorecer la aparición de cáncer.

## 7. Efectos en los océanos

Los servicios de los ecosistemas de los océanos se verán afectados por el aumento de la temperatura global y su exposición a gases de efecto invernadero. La acidificación de los océanos afectará la vida marina, lo que reducirá la disponibilidad de alimentos de origen marino y con ello el acceso y disponibilidad de nutrientes esenciales. El derretimiento de los glaciares provocará un aumento del nivel del mar y afectará a las ciudades costeras. Se contaminarán las aguas y aumentará la vulnerabilidad de enfermedades y el riesgo de inseguridad alimentaria y nutricional, especialmente en las regiones costeras y caribeñas de los países del SICA, donde el sistema alimentario y nutricional es altamente dependiente de productos marinos.

## E. MONITOREO Y EVALUACION DE IMPACTOS POTENCIALES DE LAS VARIACIONES CLIMÁTICAS EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL: ELEMENTOS DE UNA PROPUESTA METODOLÓGICA de PROGRESAN<sup>33</sup>

En el programa PROGRESAN-SICA, los temas de la SAN y el cambio climático son analizados con el enfoque de resiliencia o capacidad de los medios de vida de resistir, absorber, adaptarse y recuperarse a impactos como los eventos extremos. Los factores de resiliencia que favorecen la nutrición son cuidado del infante y de los niños y niñas, lactancia materna, alimentación sana y balanceada, higiene personal, agua apta para consumo humano, viviendas acondicionadas, menor número de embarazos, madres de 30 años o más, trabajador no agrícola y productor agrícola, madres y familias que reciben remesas, mayor escolaridad de los jefes del hogar, entre otros ejemplos.

### I. Marco analítico-conceptual

El modelo analítico conceptual de la Clasificación Integrada en Fases (CIF) de la Seguridad Alimentaria (Socios CIF, 2012) es la guía para el análisis de los factores asociados a las variaciones climáticas sobre la SAN con base en cuatro modelos integrados, modelo de riesgos y vulnerabilidades, modelo de capitales, modelo de pilares de la SAN y modelo de nutrición de UNICEF.

### 2. Metodologías y enfoques analíticos

La región del SICA ha sido identificada como vulnerable a los efectos de actividades humanas y factores naturales, especialmente a las variaciones climáticas. Una proporción importante de algunos grupos de población de Centroamérica sufre desnutrición crónica asociada a una SAN baja. En este sentido, la identificación y medición de los efectos de las variaciones climáticas y otros factores en el ambiente y la población constituyen un reto. Por esta razón es necesario realizar un inventario de metodologías y de enfoques analítico-conceptuales para llenar ese hueco de información, usando información existente o de recolección futura, o ambas.

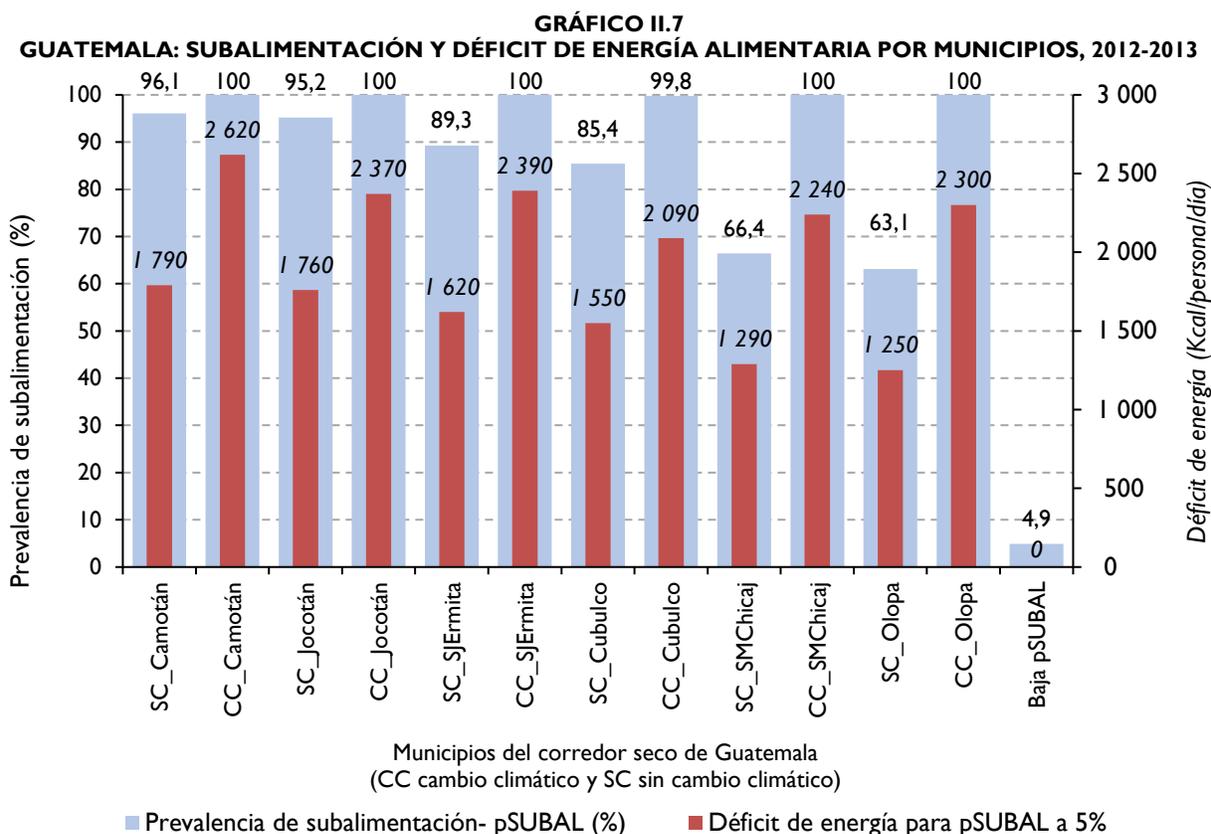
---

<sup>33</sup> Esta sección fue elaborada por especialistas del Programa de Sistemas de Información para la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región del SICA (PROGRESAN-SICA), basada en la presentación de Ricardo Sibrián en el seminario sobre metodologías para el análisis de los potenciales impactos del cambio climático sobre la SAN en los países del SICA.

En esta sección se revisan algunos conceptos del marco analítico-conceptual de la SAN y su interrelación con la variación climática que pueden proveer insumos para elaborar una propuesta metodológica que permita medir los impactos del cambio climático sobre la SAN. A continuación, se enlistan y se describen algunos de ellos:

- a) Los modelos del marco analítico-conceptual de la CIF requieren de variables analizadas con metodología estándar y aceptada internacionalmente con enfoques analíticos de la CIF para el análisis de la inseguridad alimentaria crónica, la inseguridad alimentaria aguda y la malnutrición.
- b) La CIF es una clasificación de las situaciones cambiantes de la seguridad alimentaria de acuerdo con sus consecuencias para las vidas humanas y sus medios de vida. La escala de la Inseguridad Alimentaria Aguda de la CIF (CIF-IAA) identifica cinco fases en orden de severidad: i) mínima; ii) acentuada; iii) crisis; iv) emergencia, y v) hambruna.
- c) Los modelos analíticos Resilience Index Measurement and Analysis, versiones RIMA I y RIMA II (FAO, 2016a y 2016b) permiten estimar con enfoques econométricos los efectos de eventos (*shocks*), entre ellos, aquellos derivados de las variaciones climáticas.
- d) Los modelos de proyección de necesidades alimentarias (PRESANCA II-PRESISAN, 2012) permiten conocer el impacto de políticas agropecuarias, precios de alimentos y nutrientes en el consumidor a mediano y largo plazos (PRESANCA II-PRESISAN, 2015) en función de la dinámica demográfica y las brechas que los sectores productivos, comerciales e industriales deben superar dentro de la economía regional.
- e) Los modelos analíticos de acceso económico a los alimentos por la población con los costos de los aportes nutricionales con relación a los salarios y los ingresos familiares permiten monitorear la capacidad de resiliencia de las familias y las poblaciones más vulnerables (Save The Children, 2014).
- f) Los modelos analíticos de las dimensiones de la SAN, con la clasificación funcional de medios de vida de hogares y poblaciones, permiten el monitoreo de la capacidad de resiliencia de las familias y poblaciones más vulnerables ante las variaciones climáticas (Valverde y otros, 1978).
- g) Los modelos de homologación de la canasta básica de alimentos, con métodos estándar para determinar necesidades energéticas, consideran actualizaciones periódicas de la estructura de la población, los precios al consumidor y los patrones de consumo de alimentos de la población.
- h) Los modelos de elaboración de la hoja de balance de alimentos con información actualizada de producción, transformación agroindustrial y comercio exterior (importaciones y exportaciones), así como reservas o inventarios de alimentos y productos alimenticios públicos y privados, alimentación de animales, alimentos importados para procesar y exportar (maquilas alimentarias) y usos no alimentarios.
- i) Los modelos de interdependencia comercial de alimentos entre países del SICA están orientados a formular estrategias comerciales que fortalecen la SAN.
- j) Los modelos de seguimiento de las variaciones de precios de los alimentos en cantidades físicas, energía alimentaria y nutrientes (PRESANCA II – PRESISAN, 2012b).

OXFAM ha realizado un estudio sobre pérdidas de granos básicos asociadas a la sequía 2012-2013 en municipios del corredor seco en Guatemala. Con base en los resultados de este estudio PROGRESAN-SICA propone estimar la prevalencia de subalimentación y el déficit de energía con y sin cambio climático con el fin de evidenciar el impacto en la SAN. De acuerdo con los avances del estudio, en algunos municipios la prevalencia de subalimentación fue del 100% debido al déficit de energía alimentaria durante la sequía (véase el gráfico II.7).



Fuente: PROGRESAN-SICA, 2017.

Nota: La subalimentación y el déficit de energía alimentaria está medida para menos del 5% de los hogares agrícolas que residen en municipios selectos del Corredor Seco de Guatemala.

PROGRESAN-SICA ha desarrollado herramientas que complementan la documentación de los daños y pérdidas por eventos de cambio climático para la SAN de la población afectada, incluyendo la estimación de las pérdidas de producción agropecuaria, acuícola, forestal y pesquera, así como de los recursos productivos vinculados a la resiliencia alimentaria y nutricional, como en el estudio de OXFAM. Su objetivo es documentar el impacto de eventos climáticos extremos en la SAN mediante la estimación de la prevalencia de la subalimentación y el déficit de energía asociada con estos eventos extremos con respecto a situaciones usuales en la población.

## F. EVALUACIÓN DE IMPACTOS POTENCIALES DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL: ÁREAS DE ESTUDIO DE LA CEPAL<sup>34</sup>

La seguridad alimentaria de Centroamérica y el Caribe está presente en todo el programa de trabajo de la Sede Subregional de la CEPAL en México: desarrollo económico, desarrollo social, desarrollo agropecuario, cambio climático, energía y recursos naturales. Todos estos temas están relacionados con la disponibilidad, el acceso y la estabilidad de la seguridad alimentaria. Los estudios y propuestas de la CEPAL generan indicadores específicos de la región, útiles para comparar entre países, desde los niveles de pobreza, salarios, precios, desigualdad e ingreso, hasta los niveles de producción y rendimiento de productos agropecuarios, consumo de alimentos y generación de energía, entre otros que tienen relación con la SAN.

En particular, la Unidad Agrícola y Cambio Climático pretende contribuir con sus socios subregionales al diseño, ejecución y monitoreo de políticas públicas que fomenten el desarrollo sostenible e incluyente en el sector agropecuario y del sistema alimentario y nutricional, con especial atención al riesgo climático y la SAN. Las líneas de trabajo son el desarrollo rural y agropecuario, la gestión integral de riesgos y seguros agropecuarios, el impacto del cambio climático sobre la actividad agropecuaria, los sistemas de información agrícola y la seguridad alimentaria.

El tema de los impactos del cambio climático en Centroamérica y el Caribe ha figurado en la CEPAL desde 2007, hasta ser incorporado a su programa de trabajo de 2010-2011, aprobado por el período de sesiones de los países miembros de la CEPAL. En los años subsiguientes, las líneas del programa de trabajo de la CEPAL sobre cambio climático han sido acordadas y aprobadas por los gobiernos de los países miembros del SICA. Los trabajos buscan contribuir a la generación de conocimiento medible que sea útil para el diseño de políticas públicas que fomenten la adaptación incluyente y sostenible al cambio climático, con énfasis en la transición a economías ambientalmente sostenibles, bajas en emisiones de GEI. El tema principal de estos estudios ha sido la estimación de los impactos futuros del cambio climático en la región, en escenarios simulados que extrapolan las tendencias y la variabilidad de la temperatura y la precipitación, su impacto en los eventos extremos, recursos hídricos, servicios ecosistémicos, energía hidroeléctrica, agricultura, cambio de uso de suelo y la SAN. Más recientemente se han incorporado los temas de políticas fiscales e inversión.

### I. La economía del cambio climático y la SAN

La iniciativa denominada La economía del cambio climático en Centroamérica y la República Dominicana es gestionada por la CEPAL con los Ministerios de Hacienda y Ambiente de los países del SICA desde 2008. Se orienta por las prioridades establecidas por los mismos países a través de sus delegados en el Comité Técnico Regional, donde participan las Secretarías ejecutivas de los Consejos de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), el Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y la República Dominicana (COSEFIN) y la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA). Sus objetivos son alertar a los tomadores de decisiones sobre los riesgos climáticos, transversalizar el cambio climático a la esfera

<sup>34</sup> Esta sección fue elaborada por Julie Lennox, Jaime Olivares y Diana Ramírez, funcionarios de la Unidad de Desarrollo Agrícola y Cambio Climático de la Sede Subregional de la CEPAL en México, y tomada de la iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica.

fiscal y a los sectores clave, y generar y divulgar evidencia sólida sobre vulnerabilidades, impactos y opciones de política.

El proyecto es parte de una red global de estudios nacionales y regionales sobre la economía del cambio climático y toma como punto de referencia el Informe Stern (2007), que realizó una valorización económica del cambio climático a nivel global y alertó acerca de que los costos de la inacción serían más altos que los de las medidas preventivas para mitigar las emisiones de GEI. Esta red, que incluye a expertos de la región y miembros del IPCC, ha formulado orientaciones metodológicas para adecuar los análisis a las escalas y situaciones de países en vías de desarrollo.

En su primera etapa, el trabajo de la CEPAL consistió en generar escenarios base macroeconómicos, demográficos, de cambio de uso de tierra y de demanda de energía al año 2100 por país y por año. Se generaron dos escenarios de cambio climático (B2 y A2), para temperatura y precipitación por país y departamento con cuatro modelos de circulación general que simulan mejor el clima en la región<sup>35</sup>. Con estos escenarios fue posible hacer las primeras estimaciones del impacto del cambio climático en biodiversidad, agricultura y recursos hídricos. Además, se hizo un acercamiento de los costos futuros debido a los eventos extremos por aumento en la intensidad de estos. Con estos cuatro sectores analizados se estimó el probable costo acumulado como porcentaje del PIB a valor presente neto. Este fue el primer análisis de su tipo en la región y ha servido para visualizar otros impactos del cambio climático y generar políticas.

La estimación del costo económico utiliza un análisis de impactos «abajo hacia arriba», con los cuatro sectores y ámbitos; de esta manera se exploran de forma amplia los retos y las opciones de adaptación y se pueden desarrollar economías bajas en carbono. Los escenarios se estiman a 2100 (promedio 2091-2100), con cortes a 2020 (promedio 2016-2025), 2030 (promedio 2026-2035), 2050 (promedio 2046-2055) y 2070 (promedio 2066-2075) para evidenciar el crecimiento de los riesgos y costos en el tiempo. Para las opciones de mitigación se adopta un horizonte temporal solo hacia 2030 debido a la incertidumbre sobre los efectos de cambios tecnológicos. Se acordó un enfoque común para la utilización de tasas de descuento, que se detalla en la sección sobre la valorización económica.

Debe advertirse que prevalece un alto nivel de incertidumbre porque se trata de escenarios a muy largo plazo y porque se integran diversas capas de análisis, como los escenarios climáticos y macroeconómicos tendenciales, los estudios de impactos en diversos ámbitos y su valorización económica. En este sentido, los resultados deben ser considerados en función de sus tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas. Igualmente, hay retos metodológicos en los diversos ámbitos (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a).

En una segunda etapa del proyecto se realizaron análisis de los escenarios de cambio climático de los patrones interanuales de temperatura y precipitación, aridez, meses secos, ecosistemas e hidroelectricidad en dos plantas, además de un análisis histórico de variabilidad climática y un estudio del arte de enfermedades relacionadas con el clima en la región. La tercera fase se enfoca en condiciones socioeconómicas, instrumentación de políticas públicas y fortalecimiento de capacidades ante el cambio climático. En esta última fase se integró la República Dominicana.

---

<sup>35</sup> Los modelos de circulación general utilizados fueron HADGEM1, GFDL CM2.0, ECHAM5, HADCM3, GFDLR30 y ECHAM4.



## 2. Biodiversidad

La biodiversidad contribuye al bienestar humano a través de los bienes y servicios ambientales o ecosistémicos que proporciona. La biodiversidad es importante para la SAN en la dimensión de disponibilidad por la diversidad de alimentos y la interacción con la agricultura, y en la dimensión de acceso por los ingresos que proporcionan los servicios ecosistémicos a la población rural. Centroamérica es una de las regiones más ricas en biodiversidad (concentra el 7% de la biodiversidad del mundo) en especies animales y vegetales, bosques, ríos, mares, corales y manglares, entre otros, proveedores de múltiples servicios a la población. Estos ecosistemas menguan por la deforestación, la contaminación y la sobreexplotación provocadas por el actual patrón de desarrollo insostenible asociada a la extensión de la agricultura, la explotación de madera, la construcción de caminos, los asentamientos humanos, la ganadería, la explotación de la leña y el turismo, y serán más afectados todavía por el cambio climático (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a).

### a. Revisión bibliográfica

Los impactos identificados del cambio climático en la biodiversidad de la región son múltiples, de magnitudes diversas e impactos geográficos diferenciados<sup>36</sup>. En términos agregados se observan tendencias a la sustitución de los ecosistemas húmedos por ecosistemas secos, de la vegetación hidrófila por no hidrófila en los humedales, de desplazamiento del bosque pluvial montano, montano bajo y premontano, cambios en el páramo pluvial subalpino y el bosque tropical muy húmedo, así como aparición del bosque tropical muy seco y del bosque premontano seco.

Todo esto incide en el comportamiento de las especies de anfibios y aves, cuya reproducción está disminuyendo. Se ha encontrado que los árboles están creciendo menos y produciendo más dióxido de carbono (aumento de la respiración) por el aumento de la temperatura, lo que altera el proceso de fotosíntesis. Los escenarios previsibles sugieren pérdida de hábitat como resultado de una mayor ocurrencia de incendios forestales, de sequías e inundaciones y de cambios sedimentarios en tierras bajas. En consecuencia, las especies invasoras y los nuevos vectores de enfermedades podrían propagarse. Se espera un mayor número e intensidad de tormentas tropicales, inundaciones, deslizamientos, erosión y vientos fuertes que afectarán los ecosistemas. Los impactos aumentarán en los próximos cien años, si bien resultan impredecibles en buena medida todavía porque el ritmo e intensidad de los cambios climáticos previstos rebasarían los rangos naturales conocidos (Bush, Silman y Urrego, 2004; Overpeck y otros, 2006).

### b. Metodología

Considerando que hay estudios previos de Centroamérica basados en el método de riqueza de especies, el proyecto de la ECC CA optó por un enfoque basado en el Índice de Biodiversidad Potencial (IBP) que estima la mayor probabilidad de encontrar más biodiversidad, usando las variables de superficie total, superficie de ecosistemas, latitud, curvas de nivel, temperatura, precipitación y disponibilidad de agua. Un mayor número de curvas de nivel en un territorio determinado indica la probabilidad de mayor número de ecosistemas; a mayor temperatura, mayor actividad biológica, como lo muestra la mayor biodiversidad y concentración de selvas a lo largo del Ecuador (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANICA, 2011).

---

<sup>36</sup> En el *Reporte Técnico de la Economía del Cambio Climático en Centroamérica* se presenta un resumen bibliográfico de los impactos del cambio climático en la biodiversidad (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

El IBP fue diseñado con información georreferenciada de 2005, brindada por el Sistema de Información Geográfica Ambiental Mesoamericano. Para las variables de curvas de nivel, latitud y superficie total se usó información de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD y Banco Mundial, 2010); las variables de precipitación promedio y temperatura provienen de los modelos HADCM3/HADGEM1. Para las variables de cambio de uso de tierra (CUT) y superficie con ecosistemas no alterados se utilizó la información generada por el estudio mismo. Para formular el índice, las variables se normalizaron y se hicieron estimaciones de sección cruzada. El ejercicio considera a la región como un todo con datos de los países a nivel departamental. La especificación para las estimaciones de sección cruzada es la siguiente:

$$ib_i = \beta_0 + \beta_1 tm_i + \beta_2 tm_i^2 + \beta_3 pr_i + \beta_4 pr_i^2 + \beta_5 se_i + u_i$$

donde

$ib_i$  es el índice de biodiversidad

$tm_i$  es la temperatura del departamento  $i$

$pr_i$  es la precipitación del departamento  $i$

$se_i$  es la superficie con ecosistemas no alterados del departamento  $i$

$u_i$  es el término de error.

Se espera que los coeficientes  $\beta_1$ ,  $\beta_3$  y  $\beta_5$  sean positivos, y  $\beta_2$  y  $\beta_4$  sean negativos. Esto indicaría que los aumentos de temperatura y precipitación pueden tener efectos positivos en la biodiversidad pero que en cierto punto se tornarían adversos; el coeficiente de CUT tiene impacto positivo.

Para distinguir los impactos del cambio climático de otros factores que afectan a los ecosistemas y la biodiversidad, se estimó un escenario base sin cambio climático a 2100. Este escenario toma en cuenta la tendencia de CUT y deja constantes el resto de las variables. Las estimaciones resultantes fueron comparadas con los resultados de los escenarios A2 y B2 para estimar los costos en biodiversidad (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

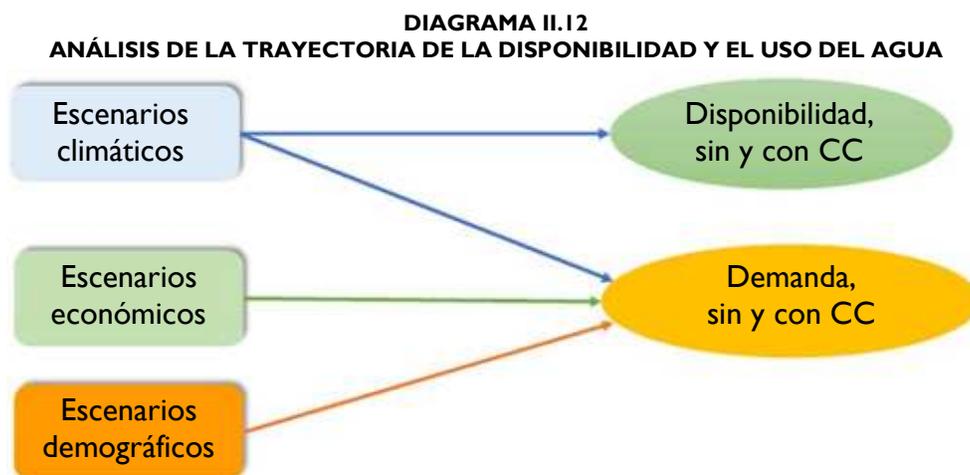
### c. Resultados

Las simulaciones arrojan una disminución del IBP superior al 18% en B2 y del 36% en A2 al 2050. Para 2100, la disminución alcanza el 33% y el 58%, respectivamente. A nivel de países, la reducción estimada del IBP en el escenario B2 fue desde el 50% en Nicaragua hasta aproximadamente el 22% en Belice. En el escenario A2 las reducciones resultan entre el 70% y el 75% para Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras, y entre el 38% y el 43% para el resto de los países. Los resultados se presentan en el mapa II.1 (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).



### a. Metodología

La disponibilidad de agua se analiza desde el punto de vista de la oferta y la demanda. Para hacer proyecciones a futuro con o sin cambio climático es indispensable formular algunos escenarios. Para la oferta de agua son necesarios escenarios climáticos y para la demanda son necesarios escenarios climáticos, económicos y demográficos (véase el diagrama II.12).



Fuente: Elaboración propia.

### b. Disponibilidad de agua

La cantidad de agua disponible se mide con los índices de disponibilidad de agua por habitante e intensidad de uso o estrés hídrico (Jiménez y Asano, 2008). Ambos índices se basan en un cálculo simplificado de la disponibilidad de agua renovable. La disponibilidad total de agua renovable es el volumen de agua repuesto cada año por la precipitación menos el que se pierde por evapotranspiración en un territorio determinado (balance hídrico). Este volumen es el que escurre o se almacena en cuerpos superficiales, o bien recarga los acuíferos, de modo que puede ser fácilmente usado. Este cálculo no incluye el agua que fluye a través de las fronteras de los países. Por ejemplo, el río Lempa para El Salvador, con una parte de la cuenca en Honduras y Guatemala. En el futuro se podrá proponer mejorar la aproximación partiendo de un análisis a nivel de cuencas. Para calcularlo en forma simplificada se emplea la siguiente ecuación de acuerdo con Turc (1954):

$$D = [P - E] * A * F$$

Donde,

$$E = \frac{P}{[0,9 + (P/\varphi)^2]^{0,5}}$$

$$\varphi = 300 + 25T + 0,05T^3$$

D = Disponibilidad (m<sup>3</sup>/año)

P = Precipitación acumulada anual (mm/año)

E = Evapotranspiración (mm/año)

T = Temperatura (°C)

A = Superficie (km<sup>2</sup>)

F = Factor de conversión igual a 1.000

Ambas ecuaciones permiten estimar la disponibilidad de agua en un escenario base sin cambio climático y escenarios con cambio climático. La disponibilidad de agua en el escenario base se calculó con el promedio anual de 16 años de datos históricos de lluvia acumulada y de temperatura media anual, período 1990-2006. La disponibilidad de agua con cambio climático se estimó con los escenarios B2 y A2 de lluvia acumulada y de temperatura por países entre 2001 y 2100.

### c. Demanda de agua

Los escenarios futuros de demanda de agua se diseñaron a partir de la demanda consuntiva de agua en 2005, considerando la homogeneidad, calidad y disponibilidad de la información por sectores. La evolución futura del uso del agua municipal en el escenario base (sin cambio climático) se calculó a partir del crecimiento poblacional, manteniendo constante la dotación por habitante de 2005. La de uso agrícola se calculó a partir del crecimiento del PIB sectorial y del consumo de agua por unidad del PIB actual. Para la industria solo se consideró el crecimiento del sector. No se consideraron factores de mejora de eficiencia del uso de agua.

Para la variación de la demanda en escenarios con cambio climático se exploraron opciones en función de la disponibilidad de datos. No fue posible obtener series mensuales oficiales de consumo de agua municipal, que son necesarias para inferir los efectos estacionales y el impacto de variables climatológicas, en especial de la temperatura. También hubo problemas de medición del consumo, ya que no se hace diferencia entre consumo industrial, comercial y residencial y los sistemas de tarifas.

Para subsanar esta situación se recurrió a la literatura especializada, y se encontró que son pocos los estudios sobre impactos del clima en la demanda municipal de agua, en contraste con la vasta literatura sobre la economía del desarrollo de los recursos hídricos. Con base en la literatura disponible se decidió considerar un incremento de nueve litros por habitante/día (lpcd) por cada grado centígrado de incremento de la temperatura, equivalente a un factor anual de 3,28 por cada grado de incremento de la temperatura, factor que resulta inversamente proporcional a la dotación municipal por habitante. A menor dotación de agua, mayor la demanda por cada grado de aumento de la temperatura (Miaou, 1990; Wong, 1972; Downing y otros, 2003).

Para estimar la demanda agrícola se consideró el incremento de la demanda de agua de riego causada por el aumento de la evaporación, resultado, a su vez, del aumento de temperatura. Así, el incremento del volumen de agua para riego es proporcional a la evaporación para que la lámina de riego compense la pérdida adicional de agua, manteniendo la misma proporción de tierra agrícola bajo riego que la actual.

Para la demanda de la industria, en ausencia de datos para establecer su relación con cambios en la precipitación o la temperatura en forma histórica o geográfica, se optó por dejar sin cambio los escenarios con cambio climático frente a su escenario base. Esta situación se debe tomar en cuenta en la interpretación de los resultados. A continuación, se describen las funciones empleadas:

a) Demanda municipal:

Sin cambio climático

$$U_M^{SCC} = f(\text{población, dotación per cápita actual})$$

Con cambio climático

$$U_M^{CC} = f(U_M^{SCC}, \Delta\%U_{Mpercap}^{CC})$$

$$\Delta\%U_{Mpercap}^{CC} = f(\Delta Temp (^{\circ}C), \text{dotación per cápita actual})$$

## b) Demanda agrícola:

Sin cambio climático

$$U_A^{SCC} = f(\text{PIB agrícola, dotación agrícola, extracción})$$

Con cambio climático

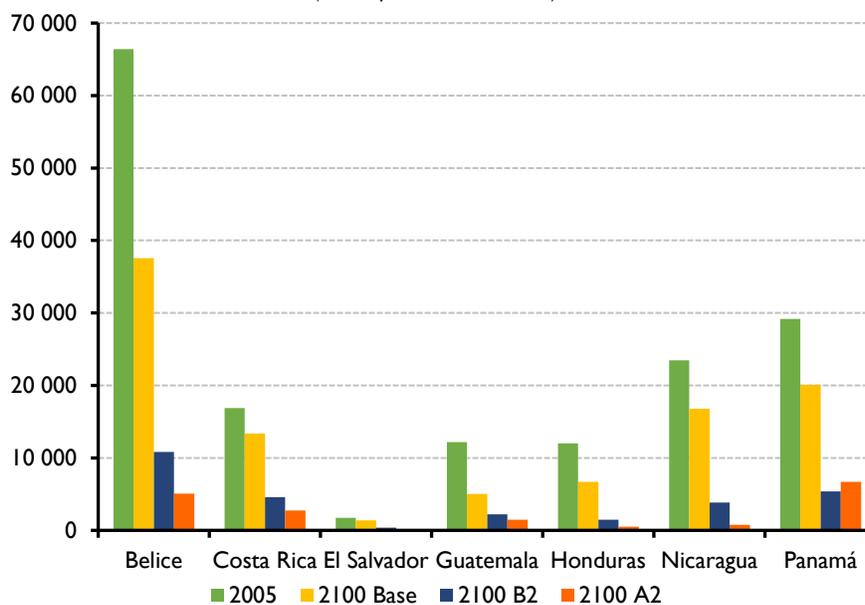
$$U_A^{CC} = f(U_A^{SCC}, \text{evapotranspiración})$$

Se considera que hay estrés hídrico cuando la disponibilidad por habitante de agua es menor a 1.700 m<sup>3</sup>/hab al año o cuando la intensidad de uso es mayor al 20% de la disponibilidad total del agua.

**d. Resultados**

En el gráfico II.8 se compara la disponibilidad por habitante en 2005 con la de los escenarios base, A2 y B2 en 2100. En todos ellos hay una reducción mucho mayor en los escenarios con cambio climático, especialmente en A2. La reducción promedio del agua disponible por habitante en toda la región entre 2005 y 2100 es del 36%, en un rango que va del 21% en Costa Rica al 59% en Guatemala en el escenario base. En términos absolutos, El Salvador tendría la menor disponibilidad con 1.366 m<sup>3</sup> por habitante anual en 2100. Belice sufriría una reducción del 43% al pasar de 66.429 m<sup>3</sup> por habitante a 37.558 m<sup>3</sup> por habitante. Aun así, su disponibilidad de agua por habitante seguiría siendo alta en el escenario base.

**GRÁFICO II.8**  
**CENTROAMÉRICA: DISPONIBILIDAD DE AGUA POR HABITANTE EN 2005**  
**Y CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2 EN 2100**  
 (En m<sup>3</sup> por habitante al año)



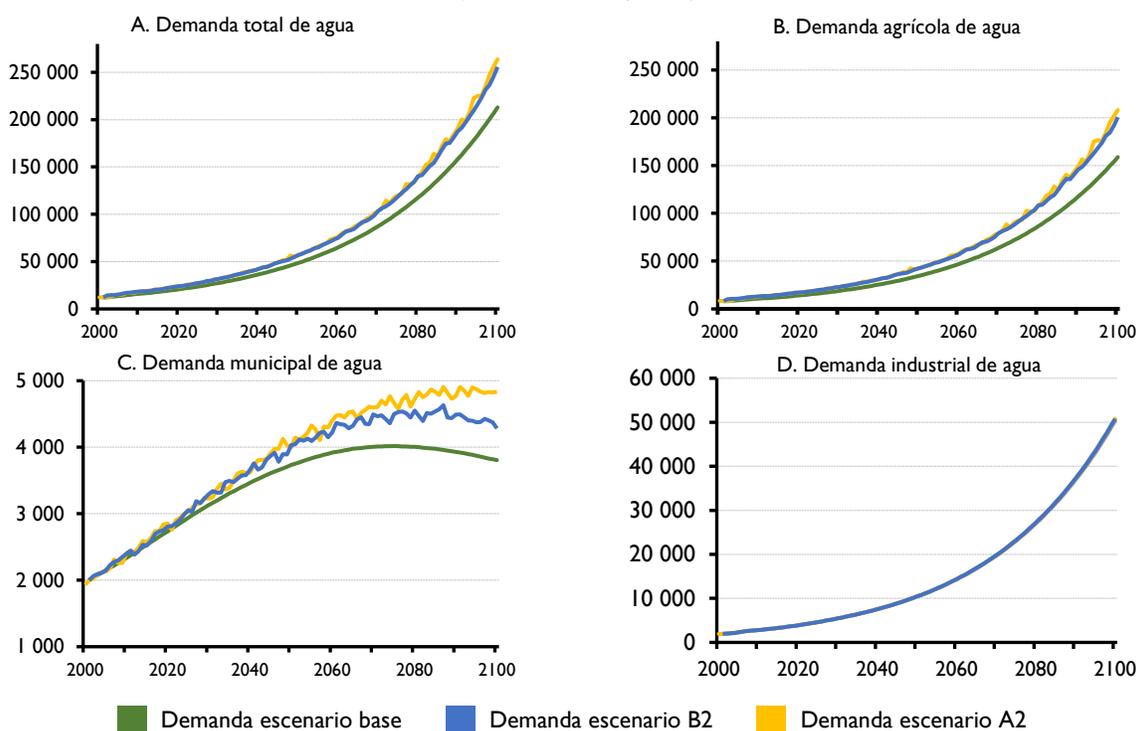
Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La reducción de la disponibilidad de agua por habitante en los escenarios de cambio climático es muy significativa. La reducción promedio de la región para 2100 sería del 82% en B2 y del 90% en A2. En este último escenario los porcentajes de reducción van del 77% en Panamá al 97% en Nicaragua. Costa Rica y Panamá tendrían disminuciones del 84% y el 77%, respectivamente, en 2100, sin llegar a alcanzar el estrés hídrico. Honduras y Nicaragua caerían por debajo de este límite junto con

El Salvador, que ya se colocaba ahí aun en el escenario base. No obstante, el promedio regional se mantendrá arriba de este límite con casi 2.500 m<sup>3</sup> por habitante, sobre todo por los volúmenes de Belice y Panamá.

La demanda total en el escenario sin cambio climático crecería un 296% al 2050 y 1.633% al 2100 respecto a la demanda de 2000, lo que equivale a un aumento de 12.867 millones de m<sup>3</sup> a 212.945 millones de m<sup>3</sup> entre 2000 y 2100. Al final del siglo, la distribución del consumo sería un 2% municipal, un 75% agrícola y un 24% industrial en el escenario base. Con los escenarios B2 y A2, el consumo total aumentaría en un 364% a 2050. Para 2100, el consumo crecería en 1.976% en B2 (hasta 255.124 millones de m<sup>3</sup>) y 2.039% en A2 (hasta 263.206 millones de m<sup>3</sup>). Al final del siglo, la distribución del consumo en A2 podría ser 2% municipal, 78% agrícola y 20% industrial (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). Los resultados de las proyecciones de demanda de agua en toda la región se muestran en el gráfico II.9.

**GRÁFICO II.9**  
**CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2100**  
(En millones de m<sup>3</sup> por año)



Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

#### 4. Aridez

La aridez es una condición climática relativamente estable que ayuda a determinar el tipo de ecosistemas que pueden establecerse en una zona geográfica y qué tan viables son las actividades productivas como la agricultura. En Centroamérica existe una zona más árida que el resto, el Corredor Seco Centroamericano (CSC), que ha sido históricamente afectado por sequías. El CSC abarca regiones de todos los países de la región, principalmente por la vertiente del Pacífico (MARENA, 2001; Ramírez, 1983; CEPAL, 2002).

Entre 1974 y 2004, las mayores concentraciones de eventos de sequía se registraron en Guatemala, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y la costa atlántica de Panamá. Las más severas han ocurrido en los territorios del oriente, en los departamentos de Alta Verapaz y parte de El Petén en Guatemala, el norte del departamento de Cortés y la parte norponiente de Gracias a Dios en Honduras, el departamento de Rivas en Nicaragua y el norte de la Provincia de Guanacaste en Costa Rica. Las sequías se asocian con procesos de degradación ambiental que, combinados con otras condiciones climáticas adversas, incrementan su recurrencia y sequedad. El fenómeno El Niño suele causar daños y pérdidas considerables en todos los países de la región, lo que podría intensificarse por los efectos ya pronosticados del cambio climático (PNUMA, PNUD, EIRD y Banco Mundial, 2010).

### a. Metodología

El Índice de Aridez (IA) de Centroamérica fue calculado con la *Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe* (CAZALAC y PHI/UNESCO, 2005), de acuerdo con la recomendación del Mecanismo Mundial de la Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación (MM-CNULD). El IA expresa la relación insumo-pérdida de humedad, y es utilizado para delimitar las zonas climáticas por su sequedad de acuerdo con los criterios de Hassan y Dregne (1997) y los del Atlas Mundial de Desertificación (UNEP, 1997). El IA está en función de la precipitación media ( $pr$ ) que es el insumo y el segundo es la evapotranspiración ( $E$ ) que es la pérdida, ambas en un mismo período (CAZALAC y PHI/UNESCO, 2005).

$$IA = \frac{pr_t}{E_t}$$

Los resultados se presentan por departamentos, países y cuatro regiones geoclimáticas acordadas entre el Comité Técnico Regional, meteorólogos nacionales y la Unidad Agrícola y Cambio Climático de la CEPAL (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b). El IA utiliza las variables de temperatura media mensual (°C) y precipitación acumulada mensual (mm) por país, departamento, distrito o provincia. Para el cálculo del IA histórico se utilizaron los promedios de temperatura y precipitación acumulada anuales del período 1950-2000, de acuerdo con la base de datos de WorldClim.

Para estimar el IA en los escenarios de cambio climático hasta 2100 se utilizaron los promedios de los modelos ECHAM4 y HADCM3 (para B2) y ECHAM4 y HADGEM (para A2). Para identificar la tendencia con mayor claridad se calculó el IA para cada año de corte: 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100. Para distinguir los niveles de humedad dentro de la región centroamericana se optó por clasificar los resultados del IA en seis categorías a partir de un valor de 0,91 hasta 3,00. Los departamentos comprendidos en la primera categoría (en el rango de 0,91 a 1,25) se clasifican como regiones subhúmedas-húmedas, mientras que el resto se clasifica como regiones húmedas en distintos grados.

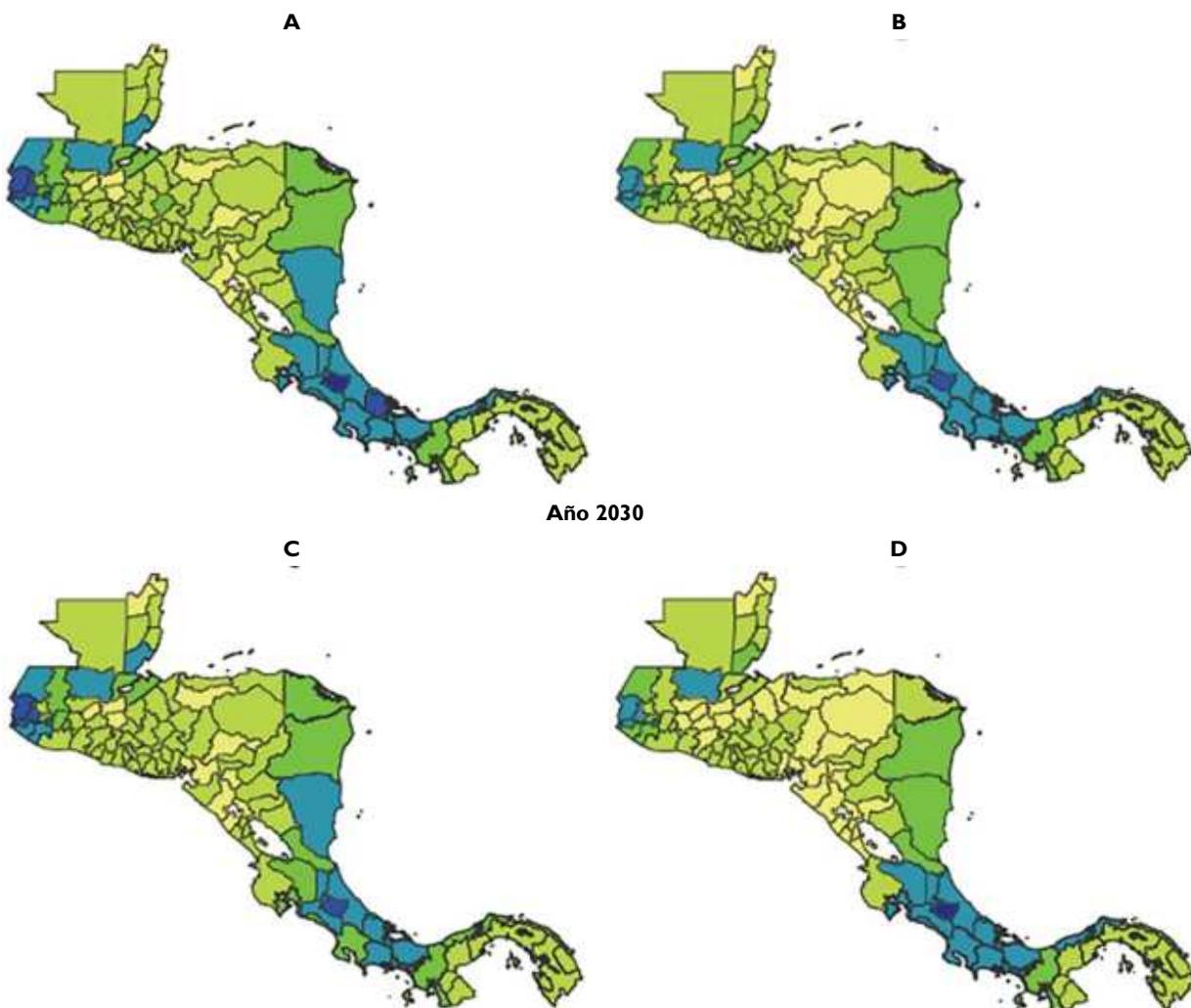
### b. Resultados

Los niveles de temperatura y precipitación del período 1950-2000 generan un IA promedio de 1,6 para Centroamérica. De acuerdo con la clasificación internacional adoptada, este rasgo la cataloga como una región húmeda. Pero hay regiones más húmedas que otras, como el Altiplano Occidental guatemalteco, la mayor parte del territorio de Costa Rica y la región oeste de Panamá, que comprende las Provincias de Bocas del Toro, Chiriquí y la Comarca Ngöbe-Buglé.

Para el corte 2100, Centroamérica podría experimentar niveles de precipitación y temperatura que resultarían en menos humedad con un valor promedio de 1,4 del IA en el escenario B2 y de 1,2 en el escenario A2. En el escenario B2, el departamento de Quetzaltenango del Altiplano Occidental de Guatemala podría experimentar la menor aridez de la región con un valor máximo de 2,09, mientras que el departamento de Zacapa de la región Atlántico del mismo país podría enfrentar la mayor aridez con un valor mínimo de 1,01. En el escenario A2, la provincia de Cartago en Costa Rica experimentaría la menor aridez con un valor de 1,78, y el departamento de Zacapa en Guatemala el mayor nivel de aridez con un valor de 0,96 (véase el mapa II.2) (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b).

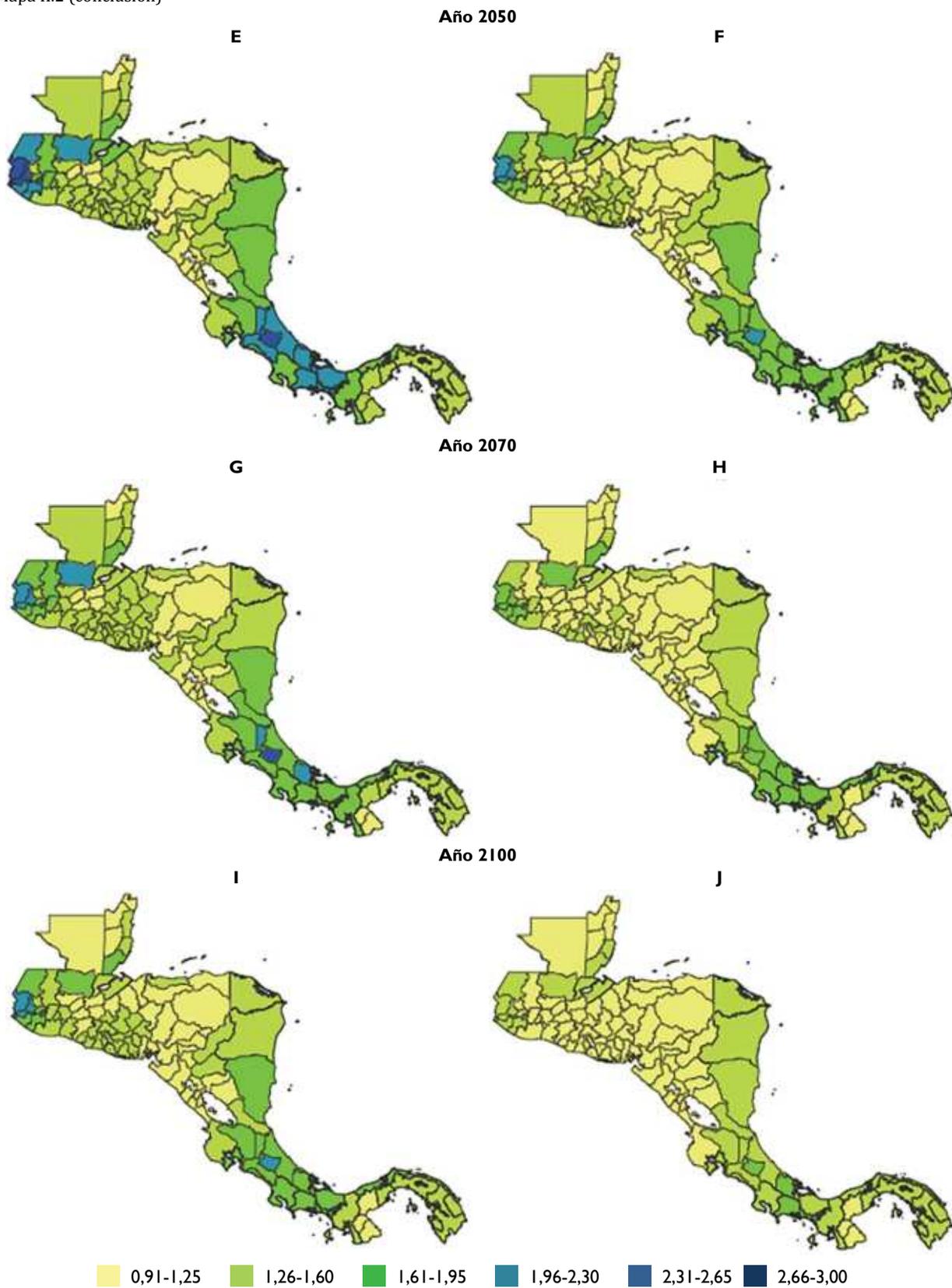
**MAPA II.2**  
**CENTROAMÉRICA: ÍNDICE DE ARIDEZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2 Y A2, CORTES A 2100**  
(En unidades del índice de aridez)

**Año 2020**



Mapa II.2 (continuación)

Mapa II.2 (conclusión)



Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

## 5. Eventos extremos

Los eventos hidrometeorológicos extremos se pueden convertir en factores desencadenantes de desastres. La posibilidad de que ocurran está determinada por la concurrencia de factores de exposición y vulnerabilidad, todos ellos de índole social y por ende susceptibles de mitigarse o agravarse mediante políticas públicas y acciones de las comunidades humanas (Landa y otros, 2008). El diseño de políticas públicas requiere una aproximación a la evaluación económica de los efectos catastróficos de estos eventos. Para hacer tales evaluaciones se han propuesto estrategias y técnicas de medición (Freeman, Keen y Mani, 2003; Skidmore y Toya, 2002; Sadowski y Sutter, 2005; Kellenberg y Mobarak, 2008; Baritto, 2009; Crompton y McAneney, 2008).

Este tipo de estimaciones fueron iniciadas en Centroamérica hace aproximadamente cuatro décadas por iniciativa de las instituciones nacionales y regionales y la CEPAL con apoyo de otras agencias internacionales. Aunque estas estimaciones son las más confiables, son insuficientes para hacer análisis de largo plazo. De acuerdo con ellas, 19 eventos hidrometeorológicos extremos que afectaron a Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y la República Dominicana ocasionaron pérdidas por 22.890 millones de dólares de 2008.

**CUADRO II.5**  
**CENTROAMÉRICA Y LA REPÚBLICA DOMINICANA: PÉRDIDAS ECONÓMICAS**  
**CAUSADAS POR LOS PRINCIPALES DESASTRES, VARIOS AÑOS**  
(En millones de dólares de 2008)

Año	Evento	Total sectorial	Sectores sociales	Infraestructura	Sectores productivos	Medio ambiente	Impacto sobre la mujer y otros
1974	Huracán Fifi	523,1	102,6	16,6	403,9	-	-
1979	Huracanes David y Federico	1 701,8	163,9	300,8	1 237,1	-	-
1982	Inundaciones	975,6	111,5	451,3	412,8	-	-
1988	Huracán Joan	1 412,7	606,5	289,3	234,3	286,2	-
1996	Huracán César	270,0	59,6	146,5	63,9	-	-
1997	El Niño	110,0	1,6	28,7	71,7	8,0	-
1998	Huracán George	2 897,2	426,4	879,0	1 428,1	163,7	-
1998	Huracán Mitch	7 935,4	1 054,6	1 644,3	5 147,5	89,0	-
2000	Huracán Keith	398,9	55,4	65,2	242,4	35,9	-
2001	Sequía	171,2	---	33,2	138,0	-	-
2003	Inundaciones	49,7	3,5	9,8	36,4	-	-
2004	Huracán Jeanne	347,8	18,2	106,0	220,2	3,4	-
2005	Tormenta tropical Stan	1 361,0	334,4	619,4	362,6	44,6	-
2007	Huracán Dean	108,0	20,7	7,1	76,2	4,0	-
2007	Félix/Inundaciones	883,0	94,3	149,1	74,1	565,5	-
2008	Tormenta tropical Noel	455,9	84,7	142,2	225,4	3,6	-
2009	Tormenta tropical IDA	316,4	39,7	133,2	82,7	60,3	-
2010	Tormenta tropical Agatha	1 087,7	238,2	401,8	151,2	270,2	26,6
2011	DT 12E	1 884,7	362,3	640,1	575,1	299,5	7,7
<b>Pérdidas acumuladas</b>		<b>22 889,7</b>	<b>3 778,1</b>	<b>6 063,6</b>	<b>11 183,6</b>	<b>1 830,3</b>	<b>34,3</b>

Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

De los 19 eventos evaluados, el huracán Mitch, ocurrido en 1998, ha sido el que ha ocasionado mayores pérdidas, con cerca de 8.000 millones de dólares. Le siguen en importancia las pérdidas provocadas por el huracán George, también en 1998, con 2.897 millones de dólares y las de la depresión tropical 12E en 2011 con 1.885 millones de dólares (véase el cuadro II.5). Los costos de los

sectores productivos representaron el 49% del total; dentro de este porcentaje, el 66% recayó en el sector agrícola, y el 26% en infraestructura, ambos sectores vitales para la seguridad alimentaria.

### a. Metodología

La frecuencia de los huracanes y las tormentas tropicales ha crecido 4,5 veces en las últimas dos décadas en toda la región. Además, hay evidencia de un aumento de la intensidad de estos fenómenos desde la década de 1980. La conclusión del cuarto reporte del IPCC es que la intensidad de los ciclones tropicales probablemente aumentará, pero no hay suficientes bases para decir que su número aumentará también por efecto del cambio climático (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

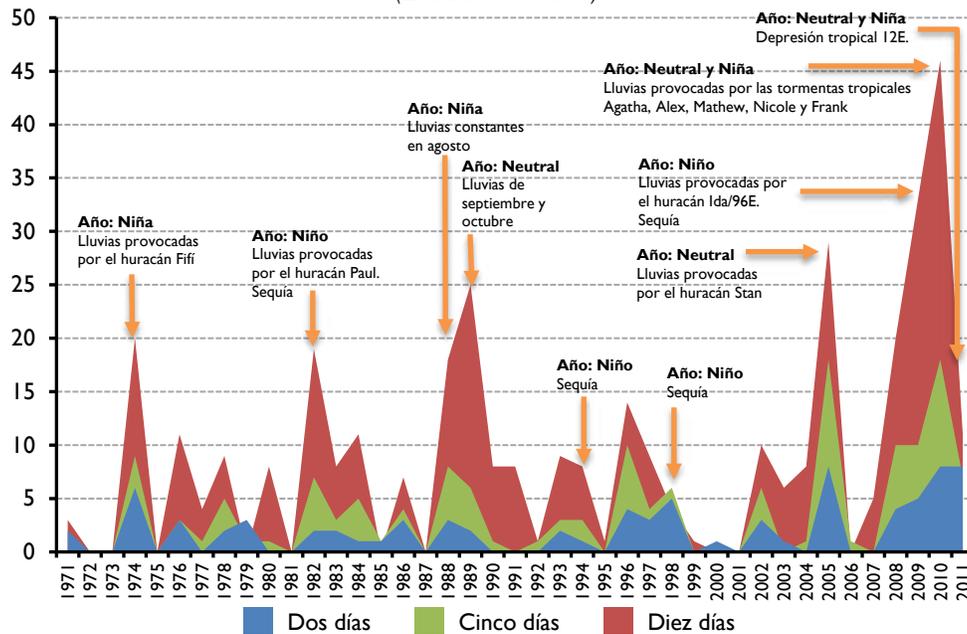
Sin embargo, no existen proyecciones de costos ante una mayor intensidad de los eventos extremos. En la literatura se estima un rango de variación entre el 4% y el 12% de incremento en la intensidad de inundaciones, tormentas tropicales y huracanes. No obstante, de acuerdo con los modelos de clima, la intensidad de estos eventos depende de varios factores que siguen patrones no lineales, difíciles de cuantificar en escenarios de emisiones de GEI. Frente a esta incertidumbre el proyecto supuso aumentos en los costos por la ocurrencia de estos fenómenos de 5% como escenario B2 y de 10% como A2, con la misma frecuencia de eventos y sin medidas de adaptación.

Para analizar la variabilidad de la precipitación en la región se utilizaron los registros diarios de precipitación acumulada en 24 horas durante el período de 1970-2011. Estos datos fueron aportados por las instituciones meteorológicas y obtenidos de estaciones meteorológicas; el período puede variar dependiendo de la estación. A partir de esta variable se analizaron los registros acumulados diarios de precipitación, el acumulado anual asociado al ENOS (El Niño, neutral y La Niña), número de días lluviosos, acumulación de lluvia en tormentas de corta duración (menos de dos días), mediana duración (cinco días) y larga duración (diez días) para detectar la intensidad. Actualmente se cuenta con análisis de tres estaciones seleccionadas de El Salvador, siete de Honduras y ocho de Guatemala.

El análisis con distinta duración de lluvia se presenta en el gráfico II.10 y consistió en observar el comportamiento de la intensidad de las lluvias y su evolución en el tiempo. Utilizando los registros de precipitación diaria, en la estación meteorológica de Ilopango en El Salvador, se cuantificó la acumulación a dos, cinco y diez días de lluvia consecutiva, es decir, sumando la cantidad de lluvia en días consecutivos (sin importar que la lluvia fuera cero) para los 365 días del año. El conteo se traslapa, debido a que el primer registro de lluvia consecutiva de dos días es la suma del primer día con el segundo, el segundo registro de lluvia consecutiva es la suma del segundo y tercero, y así sucesivamente; se hizo de igual forma para los eventos de cinco y diez días. Se toma un umbral de 100, 150 y 200 mm de precipitación para contabilizar los días que sobrepasaron el umbral para dos, cinco y diez días de lluvia respectivamente, lo que da un referente de los eventos de corta, media y larga duración. Los resultados se muestran en el gráfico II.10.

En el gráfico II.10 se muestra que, históricamente, el número de eventos con volumen de precipitación mayor a 100 mm por dos días consecutivos (área azul) varió entre 0 y 5 eventos, pero en los últimos diez años la cantidad aumentó. El número de eventos de cinco días de lluvia consecutiva superior a 150 mm (área verde) fue de hasta diez por año, con una tendencia ascendente a partir de 2005. Los eventos de duración de diez días y superiores a 200 mm (área roja) también muestran una clara tendencia ascendente en frecuencia en los últimos diez años, debido a huracanes y tormentas tropicales, principalmente.

**GRÁFICO II.10**  
**ILOPANGO, EL SALVADOR: NÚMERO DE EVENTOS QUE SOBREPASAN UMBRALES, 1971-2011**  
 (En número de eventos)

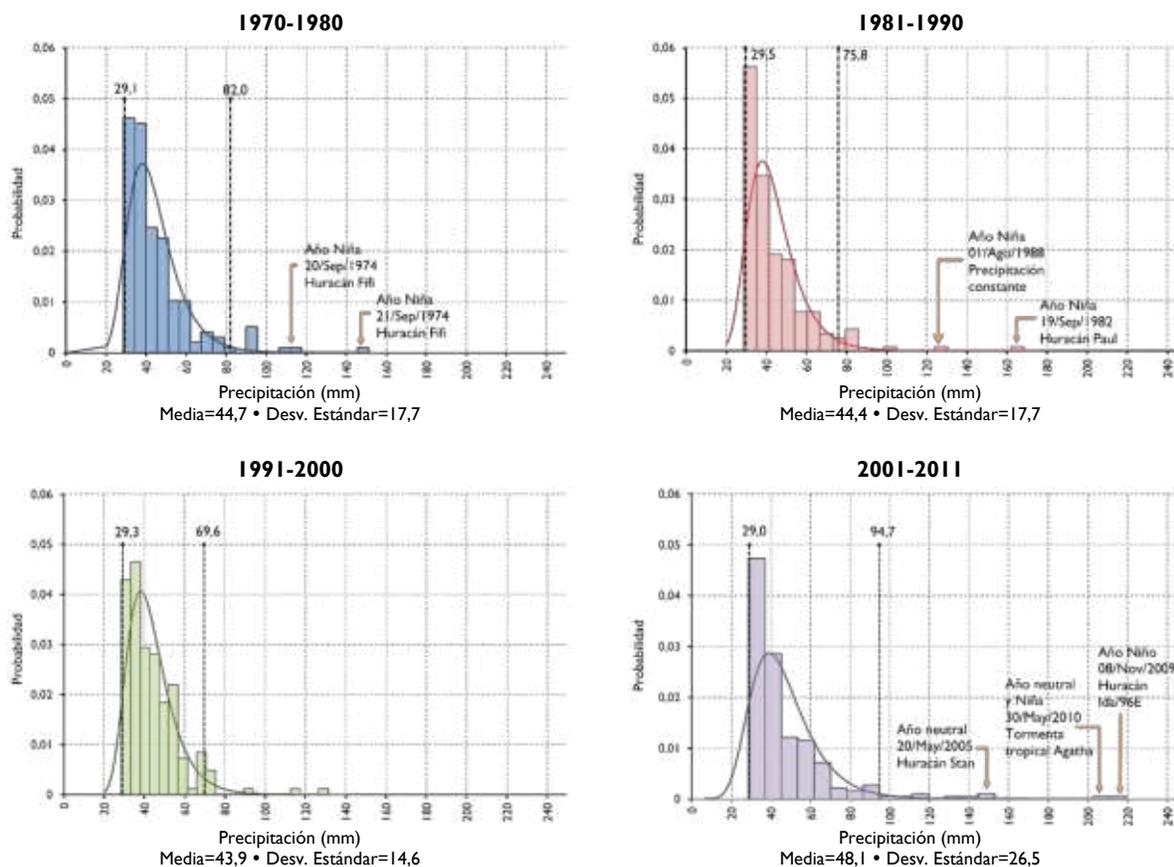


Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

Para analizar los mayores niveles de precipitación diaria se seleccionaron los registros que han sobrepasado niveles de precipitación diaria iguales o mayores al 95% de las observaciones. Los valores se ajustaron al comportamiento de una distribución de extremos de niveles generalizados. En el gráfico II.11 se muestra la distribución de frecuencia de los eventos y la línea continua muestra el ajuste a la distribución.

Al analizar las cuatro secciones del gráfico II.11, se aprecia un incremento en los extremos de precipitación, desde los 120 mm y 150 mm en la década de 1970 a extremos de 210 mm y 220 mm en la última década. No se aprecia un cambio significativo en el valor promedio de la distribución y la desviación estándar se ha modificado de un valor 9,9 mm a 12,8 mm, de acuerdo con el ajuste de la distribución de extremos generalizados. Durante la década de 1990 se aprecian los menores eventos extremos de precipitación diaria.

**GRÁFICO II.11**  
**ILOPANGO, EL SALVADOR: PRECIPITACIÓN ACUMULADA EN 24 HORAS, 1970-2011**  
 (Probabilidad)



Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

## 6. Impactos potenciales del cambio climático en granos básicos y café

### a. Metodología

El enfoque de los modelos de funciones de producción se basa en establecer una relación entre el nivel de producción o el de rendimiento y los factores que lo determinan, principalmente insumos, precios, tecnología y ambiente (Segerson y Dixon, 1998). Fleischer, Lichtman y Mendelsohn (2007) proponen que la función de producción ( $Q$ ) depende de variables endógenas y exógenas y de la capacidad productiva de los agricultores. Las variables endógenas ( $x$ ) incluyen trabajo, capital, fertilizantes y otros insumos. Las exógenas ( $z$ ) comprenden variables climáticas, geográficas y condiciones de suelo, entre otras. Las características de los agricultores ( $m$ ) incluyen variables de capital humano. La relación entre las variables se puede expresar de la siguiente manera (CEPAL y CAC/SICA, 2013):

$$Q_t = f(m_t, z_t, x_t)$$

donde  $Q_t$  representa la producción o el rendimiento por hectárea de un producto determinado, y el subíndice  $t$  representa el tiempo. Al incluir variables climáticas, la función de producción permite simular los efectos de la temperatura y precipitación en los rendimientos.

En el análisis de funciones de producción, la relación entre el rendimiento agrícola y las variables climáticas tiene forma cuadrática, es decir, el efecto que tiene la temperatura y precipitación sobre la producción no es lineal. Por ejemplo, partiendo de una situación inicial de bajas temperaturas, el rendimiento incrementaría en respuesta a aumentos de esta variable, hasta llegar a un rango de temperatura óptima para el desarrollo de la planta. Después de dicho nivel de temperatura la producción decrecería. Una relación similar ocurre con la lluvia.

Así, el primer paso para estimar el impacto del cambio climático sobre los rendimientos es obtener la ecuación antes descrita de la que resultan los coeficientes que relacionan los rendimientos y las variables de clima. Como segundo paso, se introducen los escenarios climáticos en la función estimada en el paso anterior manteniendo el resto de las variables constantes y sin tomar en cuenta medidas de adaptación. No se realizó una predicción de la producción de los cultivos porque se requiere el pronóstico de superficie cultivada que depende del cambio de uso de suelo bajo los escenarios climáticos y de cambios tecnológicos. Este tipo de análisis sirve también para alertar sobre la vulnerabilidad y exposición del sector a los cambios climáticos y sobre la necesidad de emprender acciones de adaptación. Es importante tomar en cuenta esta orientación del análisis y no sobreestimar los daños previstos (Mendelsohn y otros, 1994).

En este análisis se utilizaron modelos de panel, cuyos datos permiten hacer observaciones individuales (95 departamentos de la región) a lo largo del tiempo. Este tipo de modelos tienen ventajas de especificación sobre los datos de sección cruzada, pues proveen más información, aumentan los grados de libertad de la función y reducen la colinealidad entre las variables explicativas, por lo que mejoran la eficiencia de las estimaciones econométricas (Hsiao, 2003). También permiten estimar efectos a través del tiempo, a diferencia de los datos de sección cruzada. El modelo aquí utilizado es de efectos aleatorios, que supone que cada departamento tiene un intercepto específico, de modo que su individualidad se controla en el análisis. Para estimar el impacto potencial del cambio climático en los rendimientos de granos básicos y café de Centroamérica se utilizaron los escenarios B2 y A2 del IPCC, con los promedios de los modelos de circulación general ECHAM4 y HADCM3 (para B2) y ECHAM4 y HADGEM (para A2) y con análisis para los cortes de tiempo usados en la iniciativa 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100.

Estas estimaciones buscan identificar los impactos de cambios en temperatura y precipitación atribuibles al cambio climático y, por lo tanto, mantienen constantes los valores históricos de las otras variables. Las estimaciones deben ser interpretadas como escenarios posibles si no se toman medidas de adaptación. Así mismo, el análisis no estima el efecto acumulado futuro de prácticas agrícolas que minen la sostenibilidad, como la degradación y erosión del suelo, que podrían contribuir a reducir los rendimientos futuros aun sin cambio climático. Por último, el análisis se enfoca en el nivel departamental e identifica diferencias en toda la región, pero no caracteriza zonas de menor escala.

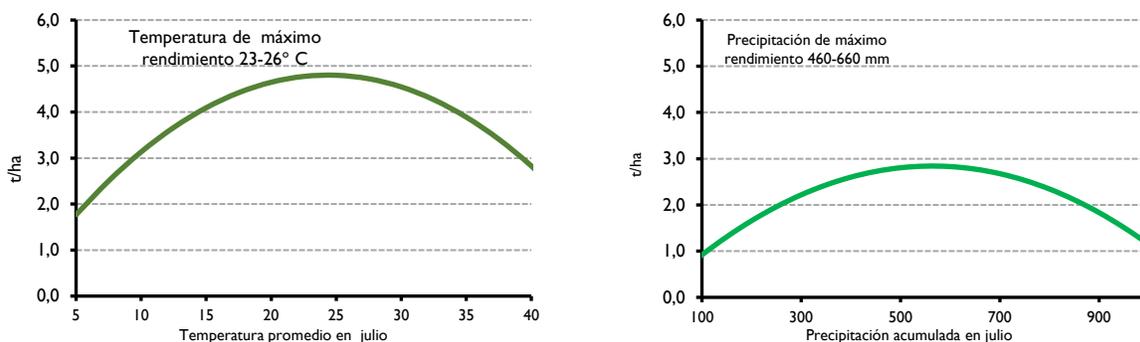
## b. Resultados

### Maíz

El objetivo es obtener coeficientes que midan los efectos de la temperatura, la precipitación y las variables geográficas, económicas y sociales sobre el rendimiento. Para obtener los coeficientes se hicieron diversas pruebas y se determinó utilizar los datos de temperatura y precipitación acumulada de febrero, mayo, julio y octubre para así cubrir todo el ciclo agrícola. Para mantener la consistencia de los coeficientes se confirmaron los signos de las variables climáticas, buscando que fueran positivos en el término lineal y negativos en el término cuadrático. También se eligieron los coeficientes más apropiados que arrojaran valores óptimos de temperatura y precipitación de acuerdo con la fenología del grano. Por último, se verificó que las proyecciones de los rendimientos guardaran lógica y coherencia con otros resultados reportados por la literatura mundial disponible sobre el tema.

Los coeficientes indican el nivel de rendimiento del grano con respecto a distintos niveles de las variables temperatura y precipitación. En el gráfico II.12 se presenta la estimación del rendimiento del maíz ante diferentes niveles de temperatura y precipitación para el mes de julio, calculado con los coeficientes del mismo mes de la estimación de la función de producción del período 2001-2009 y manteniendo el resto de las variables constantes. La temperatura media de julio para el máximo rendimiento es entre 24 °C y 25°C, y la precipitación entre 460 mm y 660 mm.

**GRÁFICO II.12**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DE MAÍZ ANTE VARIACIONES**  
**EN TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN, 2001-2009**  
 (En grados centígrados y en milímetros)

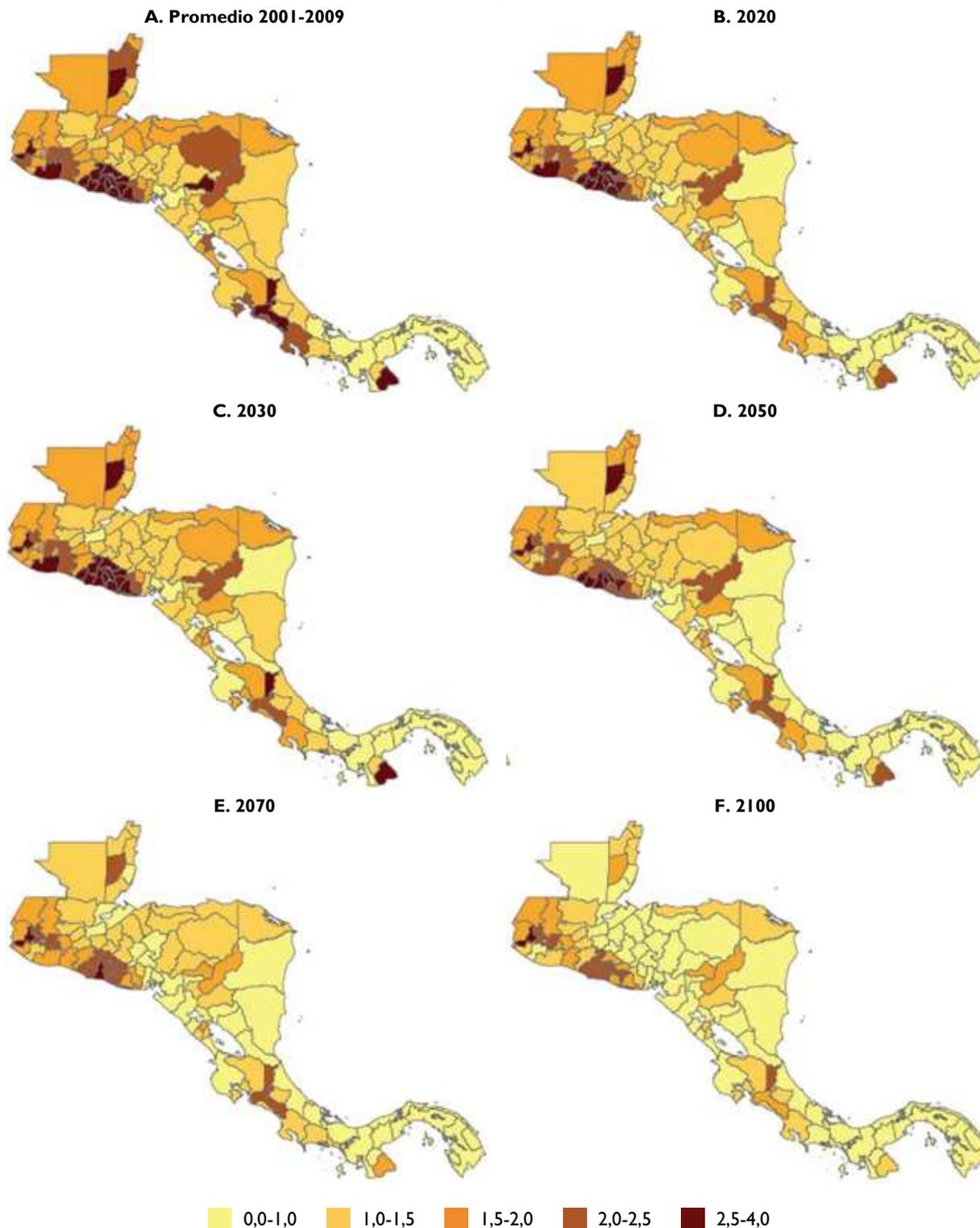


Fuente: CEPAL y CAC/SICA, 2013.

En el mapa II.3 se muestran los rendimientos promedio de maíz en Centroamérica, período 2001-2009, y su posible evolución futura en el escenario A2. Los mayores rendimientos del período histórico son los de las regiones Pacífico de Guatemala y El Salvador, Cayo en Belice, Heredia en Costa Rica, Los Santos en Panamá y Nueva Segovia en Nicaragua. Los menores rendimientos se registran en diversas provincias de Panamá.

En el escenario A2, al corte 2020, el rendimiento promedio regional disminuiría 9%, y los países más afectados serían El Salvador, Costa Rica y Nicaragua con reducciones del 11%. Hacia 2050, el rendimiento medio regional bajaría 6%, con variaciones desde un 6% en Panamá hasta un 21% en Belice, Nicaragua y Honduras. Hacia fines del siglo, la reducción del promedio regional sería 35% con variaciones que irían del 22% en Guatemala al 45% en Nicaragua. Panamá seguiría teniendo los menores rendimientos, y Guatemala los mayores, pues se beneficiaría de las temperaturas más bajas en sus tierras altas.

**MAPA II.3**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO A2,**  
**PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**  
*(En toneladas por hectárea)*



Fuente: CEPAL y CAC/SICA, 2013.

### Café

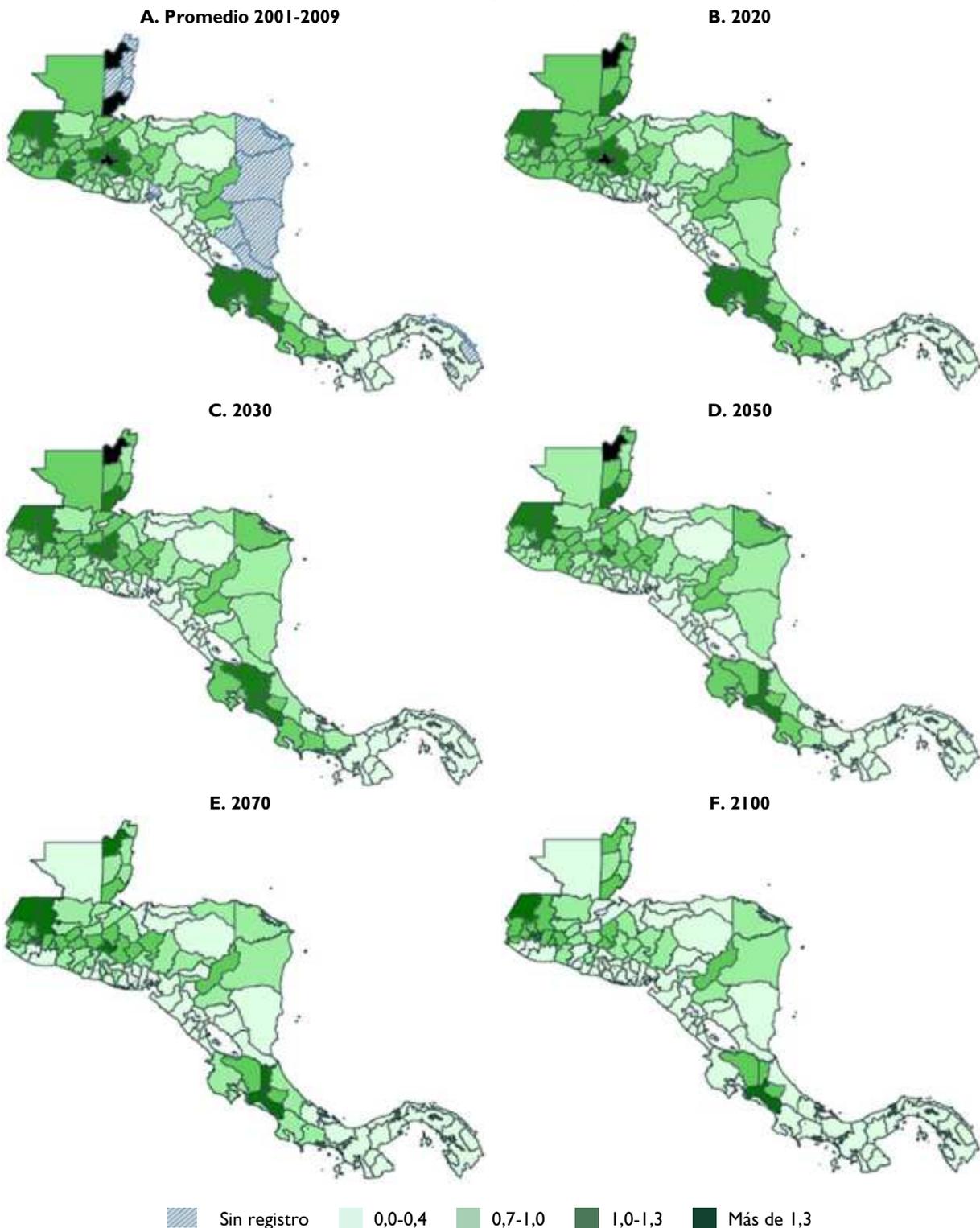
Para el caso del café, después de múltiples pruebas se decidió utilizar los datos de temperatura promedio y precipitación acumulada de marzo, junio, septiembre y diciembre para así cubrir el ciclo anual del cultivo. Como en el caso del maíz, se revisaron y confirmaron todos los signos de las variables para mantener la consistencia de los coeficientes y se cuidó que los resultados fueran lógicamente comparables con los reportados por la literatura mundial (CEPAL y CAC/SICA, 2014).

De los coeficientes estimados, el tipo de suelo II es el único con signo positivo, es decir, favorable para la producción de café, con algunas limitaciones de tipo edáfico y riesgo por exposición a largas temporadas lluviosas. El signo negativo de otros tipos de suelo no significa necesariamente que no se siembre café en ellos, sino que los rendimientos son menores. En la producción de café, la altura sobre el nivel del mar es una condición relevante, por lo que se incluyó la variable altitud con su término cuadrático para representar su mayor efecto posible. El signo negativo del coeficiente cuadrático indica que con el aumento progresivo de la altitud se alcanza un óptimo de producción, pero que más allá de ese nivel los rendimientos decrecen.

Se incluyeron también las variables longitud y latitud, asociadas a mayores rendimientos en las regiones más occidentales. La variable precios fue transformada en logaritmo natural ( $\ln$ ) y tiene signo positivo, lo que significa que un mayor precio internacional estimula la producción de café. El coeficiente de la tasa de alfabetización es positivo ya que la educación se correlaciona positiva y significativamente con la adopción de mejores técnicas agrícolas. Por último, el coeficiente de la población total es negativo, sugiriendo que una mayor tasa de crecimiento demográfico no estimula la producción ni el rendimiento del café, lo que se explica porque la mayor demanda proviene de fuera de la región (CEPAL y CAC/SICA, 2014).

La disminución del rendimiento de café sería mayor en A2 que en B2, sobre todo a partir del corte de 2030. En 2020 aumentaría un 1% en todos los países, menos Belice y Nicaragua, que tendrían una disminución del 5%. Al corte 2030, la media regional disminuiría un 9%, y los países más afectados serían Belice, El Salvador y Nicaragua con reducciones del 17%, el 13% y el 11%, respectivamente. Hacia 2050, el rendimiento promedio regional bajaría un 18% con variaciones del 9% en Honduras al 40% en Panamá. Hacia fines del siglo, la reducción del promedio regional sería del 48% con variaciones que irían del 33% en Honduras hasta el 83% en Panamá, la mayor disminución en la región. Panamá seguiría teniendo los menores rendimientos, mientras que Guatemala y Costa Rica tendrían los mayores por el beneficio de las temperaturas más bajas en sus tierras altas (véase el mapa II.4).

**MAPA II.4**  
**CENTROAMÉRICA: RENDIMIENTO DEL CAFÉ POR DEPARTAMENTOS,**  
**ESCENARIO A2, PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100**  
*(En toneladas por hectárea)*



Fuente: CEPAL y CAC/SICA, 2014.

## 7. Impactos potenciales del cambio climático en los niveles de pobreza: una exploración metodológica

Por definición, los niveles de pobreza ayudan a determinar la situación de la SAN en los países, en la dimensión de acceso. Las personas en situación de pobreza de ingresos son aquellas con ingreso mensual inferior al requerido para satisfacer las necesidades básicas (alimento, vivienda, vestido, educación y servicios de salud). Las personas en situación de indigencia son aquellas que tienen un ingreso mensual por debajo del que se requiere para adquirir una canasta básica de alimentos que satisfaga los requerimientos nutricionales.

### a. Metodología

El crecimiento del PIB puede incidir en la reducción de la pobreza, pero es insuficiente para alcanzar ese objetivo. Medina y Galván (2014) reportan diversos estudios que han demostrado que la evolución del ingreso altera la forma de la curva de Lorenz, por lo que se debe analizar la influencia del crecimiento económico en la concentración del ingreso.

Los efectos del crecimiento económico en la evolución de la pobreza pueden ser directos e indirectos. Los primeros se manifiestan en el ingreso medio de los hogares e influyen en su capacidad adquisitiva. Los segundos se reflejan en los cambios de la distribución del ingreso, que pueden contribuir a la concentración, lo que afecta negativamente la capacidad de compra de los hogares. Los cambios en la desigualdad pueden suceder independientemente de cambios en el ingreso si se aplican las políticas redistributivas adecuadas o si hay cambios en las condiciones económicas que afectan a estratos de la población en formas diferenciadas. El interés de este análisis consiste en aislar ambos efectos para obtener la mejor ponderación de cada uno sobre la pobreza (CEPAL, 2015).

Para ponderar la contribución del crecimiento y de los cambios en la desigualdad en la evolución de la pobreza se han propuesto distintos métodos. Kakwani (1989) fue el primero en desarrollar un procedimiento para separar ambos efectos con una técnica de descomposición estática que permite computar coeficientes de elasticidad para medir la sensibilidad de la tasa de pobreza ante variaciones porcentuales del PIB por habitante y de la desigualdad (Medina y Galván, 2014, Christiaensen y otros, 2011). De esta forma, se considera que los cambios en la pobreza son consecuencias de cambios en el PIB por habitante y la desigualdad, y se pueden expresar de la siguiente forma (Galindo, y otros, 2014):

$$\Delta p_{it} = \eta_i + \beta_1 \Delta y_{it} + \gamma_1 \Delta g_{it} + u_{it}$$

donde  $\Delta p_{it}$  es la tasa de crecimiento del indicador de pobreza del país  $i$  en el año  $t$ ,  $\Delta y_{it}$  es la tasa de crecimiento del PIB por habitante usada como variable de ingreso medio,  $\Delta g_{it}$  es el cambio del índice de Gini por país,  $u_{it}$  es el efecto individual específico no observable por país y  $\eta_i$  es la heterogeneidad transversal inobservable. Esta ecuación es la base del análisis del impacto del cambio climático en la pobreza presentado en este documento. La lógica del análisis se fundamenta en que el cambio climático generará impactos físicos que afectarán la actividad económica, disminuyendo el PIB de los países. En consecuencia, los cambios del PIB por habitante afectarán los indicadores de pobreza (CEPAL, 2015).

Las estimaciones de las ecuaciones, tanto para pobreza como indigencia, utilizaron el modelo de efectos fijos porque se considera que el efecto individual,  $\eta$ , puede estar determinado por factores no incluidos explícitamente en la ecuación, como el acceso a la educación, la salud y los servicios

financieros, como seguros. Algunos de estos factores no incluidos estarían correlacionados con las variables explicativas (el PIB y la desigualdad). Esta forma de estimación es adecuada debido a que las variables son incluidas en el modelo como tasas de cambio. El objetivo es estimar los cambios en la pobreza como resultado de cambios en el PIB por habitante y en la desigualdad. Con variables transformadas se pueden utilizar mínimos cuadrados ordinarios, cuyos resultados son los estimadores intragrupos (*within*) o de efectos fijos. En este caso, la consistencia de los  $\beta$  no depende de la especificación de  $\eta_i$  ya que los efectos son eliminados por la transformación (Arellano y Bover, 1990; CEPAL, 2015).

Las variables dependientes utilizadas en este modelo de panel son el porcentaje de población en situación de indigencia y pobreza (HC), el coeficiente de la brecha de indigencia y pobreza (PG) y la brecha de la indigencia y la pobreza al cuadrado (PGS) a nivel urbano, rural y nacional. Como variables independientes se utilizaron los índices de Gini nacional, urbano y rural como variables de desigualdad; como variables del ingreso se utilizaron el PIB total por habitante, el PIB agropecuario por habitante y el PIB no agropecuario por habitante, cuya fuente es CEPALSTAT con cifras oficiales de los países.

A partir de estos datos se obtuvo la tasa de crecimiento anual y se eligió el período 1989-2013, del que hay información de indigencia, pobreza e Índice de Gini de cada país. Para la estimación de la pobreza e indigencia nacional y urbana se utilizó el PIB total por habitante y para las mediciones rurales se utilizó el PIB agropecuario por habitante porque fueron las mejores estimaciones que se justifican con que el ingreso agropecuario representa entre el 37% y el 66% para los pobres rurales y entre el 44% y el 77% para los indigentes rurales de acuerdo con las encuestas de ingreso y gasto de los hogares (CEPAL, 2015).

La hipótesis central del estudio es que el PIB total y el PIB agropecuario por habitante son un canal de transmisión de los impactos del cambio climático sobre la pobreza y la indigencia. Del estudio *La economía del cambio climático en Centroamérica* se tomaron los costos acumulados como porcentaje del PIB total y los escenarios de PIB total y agropecuario a 2050. Se supuso un impacto lineal del cambio climático sobre el PIB en los costos y se aplicó el porcentaje de los costos en una misma proporción de manera anual a los escenarios de PIB, que a su vez se utilizó en la ecuación de pobreza e indigencia estimada (CEPAL, 2015).

#### **b. Supuestos y acotaciones:**

- a) Se asume una desigualdad constante debido a la complejidad de asumir escenarios futuros para esta variable.
- b) El crecimiento en sí implica cambios en la desigualdad, pero en esta también influyen otras variables y políticas públicas.
- c) Los cortes temporales del análisis son 2020, 2030 y 2050 por la fuerte incertidumbre de realizar estimaciones a muy largo plazo.
- d) Se asume que no hay adaptación al cambio climático.
- e) Se asume un impacto lineal sobre el crecimiento económico.
- f) No se consideraron las pérdidas en rendimientos de granos básicos pues se subestimaría el impacto.
- g) Se asume que no hay cambios en las líneas de pobreza e indigencia.

### c. Resultados

A continuación, se presenta un par de ejemplos de los posibles impactos del cambio climático para el porcentaje de personas en situación de pobreza urbana en Guatemala y el porcentaje de personas en situación de pobreza rural en El Salvador. En el cuadro II.6 se reportan los porcentajes de la población urbana en pobreza en Guatemala para distintos cortes en los escenarios base (sin cambio climático), B2 y A2. En el escenario base, la reducción de los porcentajes de la pobreza urbana es lenta debido a las bajas tasas de crecimiento del PIB utilizadas. Hacia 2050, el porcentaje de pobreza urbana podría ser del 27,1% en el escenario base comparado con el 42% de 2013 (tomado del último año de la encuesta de Guatemala que fue 2006). Con el efecto del cambio climático la diferencia con respecto al escenario base sería del 1% y el 2% en los escenarios B2 y A2, respectivamente, en 2030, es decir, un mayor porcentaje de pobreza urbana. Para 2050 sería de 2,6% y de 5,1% en los mismos escenarios (véase el cuadro II.6).

**CUADRO II.6**  
**GUATEMALA: ESTIMACIÓN EXPLORATORIA DE LA POBLACIÓN URBANA**  
**EN SITUACIÓN DE POBREZA, 2013-2050**

(En porcentajes)

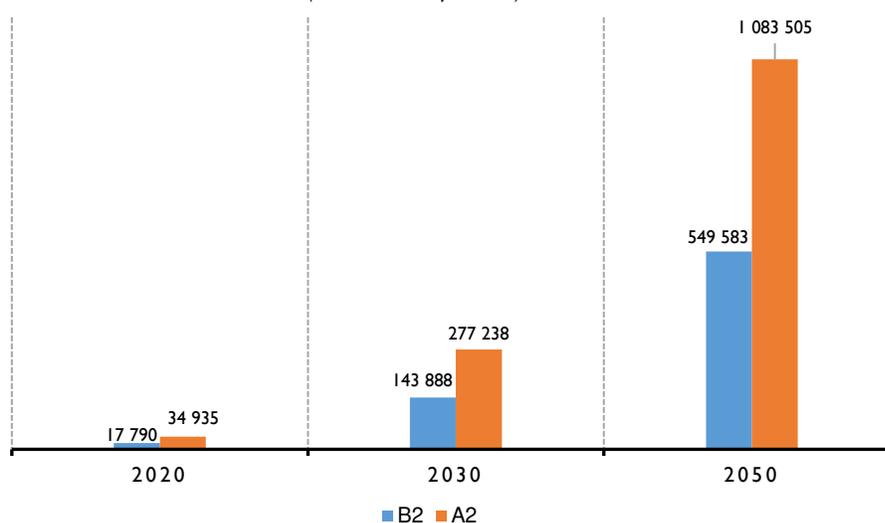
Escenario	2013	2020	2030	2050
Base	42,0	40,0	36,0	27,1
B2	42,0	40,1	37,0	29,7
A2	42,0	40,3	38,0	32,2

Fuente: CEPAL, 2015.

Estos impactos subrayan la necesidad de hacer un esfuerzo mayor para aumentar el PIB total por habitante y mejorar la distribución del ingreso. En números absolutos, para 2050 podrían sumarse entre 550 mil y 1 millón de personas en situación de pobreza al escenario base debido al efecto del cambio climático (véase el gráfico II.13) (CEPAL, 2015).

**GRÁFICO II.13**  
**GUATEMALA: ESTIMACIÓN EXPLORATORIA DE LA POBLACIÓN URBANA ADICIONAL EN SITUACIÓN DE**  
**POBREZA CON CAMBIO CLIMÁTICO, CON RELACIÓN AL ESCENARIO BASE, B2 Y A2, 2020-2050**

(En número de personas)



Fuente: CEPAL, 2015.

Honduras registra un porcentaje alto de población rural en pobreza, como se muestra en el cuadro II.7 y en el gráfico II.14. En el escenario base la reducción sería lenta debido a una baja elasticidad del PIB agropecuario por habitante. Así, la estimación en el escenario base arroja un porcentaje del 74,3% al 2030 y del 66,3% en 2050 contra un porcentaje de pobreza rural del 79,5% registrado en 2013. En los escenarios de cambio climático el impacto sería poco significativo, pues en A2 el porcentaje de pobreza rural en 2050 sería un 3% mayor que en el escenario base.

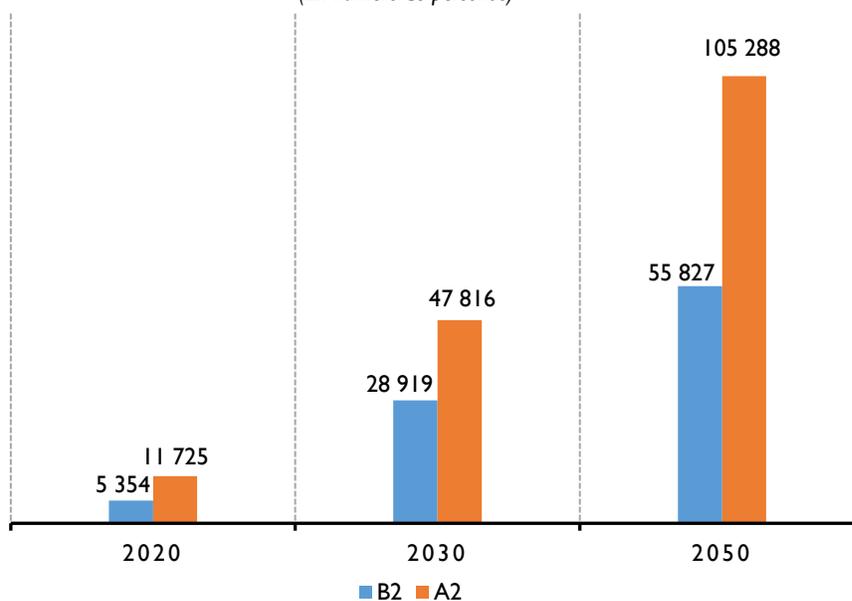
**CUADRO II.7**  
**HONDURAS: ESTIMACIÓN EXPLORATORIA DE LA POBLACIÓN RURAL EN SITUACIÓN DE POBREZA, 2013-2050**  
(En porcentajes)

Escenario	2013	2020	2030	2050
Base	79,5	77,6	74,3	66,3
B2	79,5	77,7	75,1	67,9
A2	79,5	77,9	75,6	69,3

Fuente: CEPAL, 2015.

El número de personas adicionales en situación de pobreza rural en 2030 en el escenario base sería entre 28.919 y 47.816. En 2050 el efecto del cambio climático arrojaría entre 55.827 y 105.288 personas adicionales al escenario base en pobreza rural (véase el gráfico II.14) (CEPAL, 2015).

**GRÁFICO II.14**  
**HONDURAS: ESTIMACIÓN EXPLORATORIA DE LA POBLACIÓN RURAL ADICIONAL EN SITUACIÓN DE POBREZA CON CAMBIO CLIMÁTICO CON RELACIÓN AL ESCENARIO BASE, B2 Y A2, 2020-2050**  
(En número de personas)



Fuente: CEPAL, 2015.



### III. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El Comité Técnico Regional (CTR) de la iniciativa de la ECC CARD en su reunión de septiembre de 2015 aprobó una propuesta de trabajo que consistió en analizar y plantear metodologías sobre impactos potenciales del cambio climático en las diferentes dimensiones de la SAN en los países SICA. Estas metodologías se describieron en el capítulo 2 de este documento. La propuesta incluyó considerar que se está haciendo en la región y una reunión presencial de diálogo para discutir las metodologías y proponer líneas de acción sobre la SAN y el cambio climático en la región. Dicha reunión se llevó a cabo el 10 y 11 de mayo en San José, Costa Rica, con el apoyo financiero del BID y del NDF en el marco del proyecto Rg-X1107 que apoyó a la fase III de la ECC CARD.

Los objetivos de la reunión fueron presentar la situación actual y los avances de los países SICA con respecto a la SAN, así como su respuesta al cambio climático. Se buscó presentar diversas metodologías que consideren cómo el riesgo climático y el cambio climático pueden impactar a la SAN en sus cuatro dimensiones y al sistema alimentario, identificar los temas de la SAN que no han sido abordados o de los que se tiene poca información, analizar si las metodologías pueden aplicarse y cuáles pueden ser sus debilidades y fortalezas, y tener un panorama completo del trabajo hecho por las instituciones nacionales y regionales sobre temas de la SAN y cambio y riesgo climático.

Las conclusiones que se mencionan a continuación fueron discutidas y generadas en una actividad donde se conformaron dos grupos, el de las instituciones nacionales y el de las instituciones regionales. En estos grupos se discutieron avances, buenas prácticas, brechas y necesidades de las metodologías para analizar el impacto del cambio climático en la SAN con el fin de determinar líneas de acción. Por parte de las instituciones regionales asistieron representantes del IICA, del CATIE, de la SIECA, del PROGRESAN, del INCAP, del CCAFS, de la FAO y de la CEPAL.

Se evidenció que hay una gran oferta de metodologías trabajadas desde las instituciones nacionales y regionales que han concentrado su trabajo en la parte productiva y en los requerimientos y brechas nutricionales. Se observa que parte de la oferta de metodologías está más orientada a condiciones sin cambio climático. No obstante, es muy importante tener buenos estimados de esta situación inicial para después desarrollar métodos que evalúen impactos potenciales del cambio climático sobre los componentes de la SAN. Se identificó que existen metodologías para temas particulares, pero no están interrelacionadas para el análisis de la SAN.

En la región se ha trabajado con una gran variedad de métodos, desde los que se enfocan en los productores en el campo hasta los que buscan reunir datos para todo el sistema alimentario. Se realizó una clasificación por tema para identificar adónde se han destinado los esfuerzos y dónde se observa ausencia de trabajo, para poder interrelacionar las metodologías. A continuación, se hace un resumen por cada tema:

- a) Producción y comercio: existe una variedad de métodos disponibles sobre escenarios de cambios en los rendimientos agrícolas sin y con impacto de cambio climático. Se tienen escenarios de cambio climático en aridez y meses secos con impacto en el sector agrícola. Se

han realizado análisis sin cambio climático sobre el comercio de alimentos extrarregional e intrarregional y en dependencia de alimentos.

- b) Ambiental. Se han realizado análisis de variabilidad climática, bosques, agua y servicios ecosistémicos. Se han hecho estudios sobre REDD+ con cambio climático, pero no se ha establecido la conexión entre servicios ecosistémicos afectados por cambio climático e impacto en la SAN. Se han hecho análisis sobre emisiones del sector agropecuario y CUT, así como algunos análisis sobre huellas de GEI y ambiental de algunos productos.
- c) Socioeconómico. Hay encuestas de hogares y otras fuentes para análisis de pobreza y equidad, pero el desarrollo de métodos que los relaciona con cambio climático es incipiente. Existen estimados iniciales del impacto del cambio climático sobre la pobreza donde lo relevante es identificar los canales de transmisión de los efectos del cambio climático. El CATIE tiene evaluaciones de impactos de eventos extremos en el tema de migración.
- d) Consumo y nutrición. Se cuenta con algunos análisis sobre guías de consumo saludable sin cambio climático. El CCAFS ha llevado a cabo escenarios de alimentos y nutrición sin cambio climático. Se han realizado análisis de patrones de consumo aparente. Además, se cuenta con análisis de patrones de consumo «moderno» con problemas de salud (obesidad). El PROGRESAN está preparando algunas proyecciones de demanda de alimentos, pero no incorporan métodos con cambio climático.
- e) Enfoque de la SAN. Hay varios análisis de indicadores de la SAN, pero sin agregar el riesgo climático. Se recomienda evaluar la factibilidad y pertinencia de los métodos de la FAO como MOSAICC, AMICAF y RIMA II.

En las discusiones se reconoce que hay déficit en los análisis de algunas partes del sistema agroalimentario o en algunos indicadores de la SAN sin y con cambio climático. Algunos de los temas identificados con ausencia de análisis de cambio climático son poblaciones con alto autoconsumo, inclusión de jóvenes, pueblos indígenas y afrodescendientes, impacto en el sector pecuario y pesca, efectos potenciales sobre plagas y enfermedades de plantas, impactos de las políticas públicas y análisis de las emisiones implicadas en los sistemas agroalimentarios y la SAN.

Los países SICA han desarrollado institucionalidades y estrategias de la SAN con diferentes niveles de avance en coordinación interinstitucional y acercamiento a la población vulnerable. Sin embargo, los funcionarios nacionales enfatizaron la necesidad de empoderar a los gobiernos municipales y locales. Los gobiernos han avanzado con planes frente al cambio climático, principalmente en el sector agrícola, pero los representantes nacionales reconocen que quedan pendientes los planes frente al cambio climático en temas como agua y ecosistemas, desarrollo de métricas para la adaptación y una mejor medición de los impactos en consumo y nutrición.

Las instituciones nacionales de la SAN enfatizaron la importancia del fortalecimiento de sus capacidades en toda esta agenda y de las formas de comunicación tanto con tomadores de decisiones como con los productores y los consumidores. También recomiendan incluir la inversión pública en la agenda de adaptación relacionada con el sistema agroalimentario frente al cambio climático, es decir, que las guías metodológicas de inversión pública tomen en cuenta los escenarios de cambio climático y los riesgos por el aumento en intensidad de los eventos climatológicos para fortalecer la resiliencia climática. Los funcionarios nacionales solicitaron a las instituciones regionales apoyo para integrar metas y enfoques de la SAN en el diseño e implementación de los planes nacionales de adaptación al cambio climático.

En la reunión se acordaron los próximos pasos para las instituciones. El primero es preparar fichas técnicas de la oferta metodológica, incluyendo lo que se necesita para implementarlas. El presente documento es parte de esta recopilación de metodologías y forma parte de los acuerdos de la reunión. Un segundo acuerdo es generar un proceso en el marco del CAC para identificar propuestas de cooperación técnica para fortalecer capacidades y generar más análisis. Las líneas de acción o próximos pasos que el grupo interagencial de apoyo identificó son:

- a) Ordenar el estado del arte con el levantamiento de un inventario o fichas técnicas estandarizadas para comparar y priorizar metodologías y tener una visión integradora.
- b) Aumentar la diversidad de herramientas.
- c) Crear mecanismos de coordinación intersectorial.
- d) Fortalecer las capacidades de los cuadros técnicos de las instituciones nacionales para apoyar la red de investigación de las instituciones regionales. Por ejemplo, brindar capacitación en métodos como TESAC del CCAFS y MAP del CATIE.
- e) Abordar la vulnerabilidad de los países.
- f) Trabajar con metodologías que analicen el problema al acceso de dietas saludables y sostenibles.
- g) Definir un marco conceptual a nivel país y región, enfocado en la inclusión y el género.
- h) Fortalecer la capacidad de los sectores involucrados en la SAN y vincularlos a los ODS.
- i) Definir las prioridades para la aplicación de las metodologías.

Algunas recomendaciones a nivel de política de la SAN fueron:

- a) Incorporar los temas de la SAN y el cambio climático en la agenda pública.
- b) Analizar la situación por país para identificar las prioridades.
- c) Incorporar los métodos propuestos en las buenas prácticas de los países.
- d) Generar mayor cooperación sur-sur.
- e) Incorporar las buenas prácticas de la SAN de otros países o comunidades, como variedades de hortalizas resistentes al clima.
- f) Tener incidencia en las decisiones del consumidor e informar sobre el valor nutricional en la salud.
- g) Diseñar políticas y planes tanto para la producción sostenible como para el consumo sostenible y nutritivo.
- h) Hacer monitoreo y evaluación de las políticas.
- i) Diseñar estrategias adaptadas al clima.
- j) Crear fincas didácticas de la SAN.
- k) Masificar las escuelas de campo para el fortalecimiento a nivel local.
- l) Mantener informados a los productores y consumidores de manera adecuada, fortaleciendo las plataformas de información con datos de clima, precios, oportunidades de mercado para profesionalizar a los productores y realizar un mejor análisis de los impactos de SAN.
- m) Formar a los meteorólogos con ayuda de las instituciones.
- n) Usar los sistemas de información para la conformación de la política de los países y hacerlos accesibles.

- o) Fortalecer los sistemas de la alerta temprana y seguimiento de sequía agrícola.
- p) Incluir en la agenda de adaptación el tema de inversión pública en la infraestructura agrícola frente al cambio climático.
- q) Fortalecer el tema de agroecología.
- r) Tener un ciclo de toma de decisiones que empieza con identificar el problema, después obtener la información, hacer análisis, dar recomendaciones y llegar a la toma de decisiones.
- s) Usar herramientas como ASePT-Food Security Module de la FAO y el Banco Mundial.
- t) Usar el Sistema de Inteligencia y Monitoreo de Mercados Agrícolas (SIMMAGRO) de la FAO para vincularlo con el cambio climático.
- u) Crear instrumentos para priorizar inversiones que favorezcan la SAN y la acción climática.
- v) Crear una red científico técnico para la SAN y la acción climática.
- w) Generar políticas para estimular el consumo nutritivo y sano.

Las instituciones señalaron que han enfocado sus esfuerzos en dar respuesta a los impactos del cambio climático. En este sentido tienen un mayor desarrollo instituciones como el CCAFS, la FAO, el PROGRESAN, la CEPAL y el INCAP. Las metodologías del CCAFS combinan la medición con las respuestas, como la caja de herramienta de género, o se enfocan en respuestas, como los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC). El trabajo hecho por la FAO a nivel de campo y adaptación en la región también ha sido importante, así como el trabajo del PROGRESAN para disminuir la vulnerabilidad de la población.

Por su parte, la CEPAL ha dado recomendaciones de política específicas con el trabajo de seguros agropecuarios, y con la medición de impactos de cambio climático sobre la producción de granos básicos, se ha dado importancia a la focalización de las políticas. La mayoría de las recomendaciones de política en la respuesta al cambio climático se han enfocado en la producción y aumento del ingreso de los productores. No obstante, el INCAP ha generado algunas recomendaciones para dar respuesta al impacto del cambio climático en la nutrición. El INCAP señala que se deben considerar los escenarios relacionados con la alimentación y nutrición humana a fin de que se puedan contrarrestar los efectos más importantes, como la malnutrición de la población y sus efectos. Las propuestas que el INCAP (2017) plantea son:

- a) Guías alimentarias dirigidas a la población en general, en las que se recomiende producir alimentos altamente nutritivos y adaptables al cambio climático.
- b) La alimentación del lactante y del niño pequeño, cuyo objetivo es promocionar la lactancia materna en vez de sustitutos.
- c) Tener una canasta básica de alimentos con enfoque nutricional y adaptable al cambio climático.
- d) Aplicar las cinco claves de la OMS para cultivar frutas y hortalizas más seguras y adaptables al cambio climático.
- e) Aplicar la guía FAO/OMS de principios y procedimientos de análisis de riesgos en situaciones de emergencia, relativos a la inocuidad de los alimentos. Esta guía propone acciones de resiliencia y preparación ante desastres con relación a la inocuidad de los alimentos, tanto en la producción industrial, como en los centros de albergues y el hogar.

- f) Asegurar la SAN a nivel local. Incorporar acciones de apoyo multisectorial que garanticen la SAN desde sus cuatro dimensiones ante el cambio climático.
- g) Definir la alimentación escolar con un enfoque a la promoción de alimentos de temporada con alto contenido nutricional para la población en riesgo de alimentación y nutrición en situación de emergencia, con promoción de la lactancia materna.
- h) Recomendaciones basadas en alimentos usando Optifood. Esta herramienta permite identificar los nutrientes que, por ser escasos en la dieta local, no se pueden proveer a toda la población. Identifica las mejores fuentes de nutrientes en la dieta local, genera recomendaciones basadas en alimentos que permitan cubrir los requerimientos nutricionales de la población, comparar conjuntos de recomendaciones, calcular el costo de los micronutrientes en la dieta e identificar la dieta con el mejor valor nutricional y con el menor costo (Skau y otros, 2014).
- i) Fortificación de alimentos, que apoya la obtención de micronutrientes una vez que los alimentos producidos no cumplen con el requerimiento necesario.

El cambio climático impactará todas las dimensiones de la seguridad alimentaria y nutricional (disponibilidad, acceso, uso y estabilidad) afectando a todo el sistema alimentario. La mayor parte de los esfuerzos de investigación en la región se están enfocando en conocer los impactos sobre la productividad y rendimientos agropecuarios. Dado lo anterior, se recomienda realizar investigaciones orientadas a conocer los impactos en todas las dimensiones de la seguridad alimentaria y nutricional, que permitan una mejor planificación a largo plazo para asegurar el cumplimiento del Objetivo 2: Hambre cero en la región.

Aunque actualmente no existe un marco de análisis exhaustivo y aceptado para conocer los vínculos e impactos entre el cambio climático y la SAN, este documento brinda varias propuestas metodológicas, y un marco de análisis que considera las interrelaciones entre el sistema alimentario y el cambio climático. Esta propuesta puede servir como herramienta para el inicio de investigaciones de este tipo en la región.

Si bien dentro de las metodologías propuestas ninguna ofrece una evaluación o análisis integral que contemple las interacciones entre los diferentes componentes del sistema alimentario y el impacto del cambio climático sobre estos, el uso en conjunto de varias de estas metodologías (por ejemplo, el IMPACT y la caja de herramientas de género), puede contribuir a generar una visión más integral de las interrelaciones entre el cambio climático y la SAN. Lo anterior constituye información útil para la planificación y la toma de decisiones.



## BIBLIOGRAFÍA

- Aberman, Noora-Lisa y Cristina Tirado (2014), «Impacts of climate change on food utilization», *Global Environmental Change. Handbook of Global Environmental Pollution*, vol. 1, págs. 717-724, Freedman B. (ed.), Springer, Dordrecht.
- Ahmed, Syud A., Noah S. Diffenbaugh y Thomas W. Hertel (2009), «Climate volatility deepens poverty vulnerability in developing countries», *Environmental Research Letters*, vol. 4, N° 3.
- Alexandratos, Nikos y Jelle Bruinsma (2012), «World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision», *ESA Working Paper*, Roma, FAO.
- Anbumozhi, Venkatachalam y Joana Portugal (2012), «Adapting to climate change and achieving food security: prospects and frameworks», documento preparado para el Taller ADBI-APO-KPC sobre cambio climático y su impacto en la agricultura, Seúl, República de Corea.
- Arellano, Manuel y Olympia Bover (1990), «La econometría de datos de panel», *Investigaciones Económicas*, N° 14, (1), págs. 3-45.
- Bakas J., 2010, *Food and Greenhouse Gas (GHG) Emissions*, Copenhagen, Dinamarca, Copenhagen Resource Institute (CRI).
- Barreiro-Hurlé, Jesús., Azucena Gracia y Tiziana de-Magistris (2010), «Does nutrition information on food products lead to healthier food choices?», *Food Policy*, 35(3), págs. 221-229.
- Baritto, Felipe (2009), «Disasters, vulnerability and resilience from a macro-economic perspective», *Background paper for the 2009 ISDR Global assessment report on disaster risk reduction*.
- Bermúdez, O.I. y otros (2008), «Secular trends in food patterns of Guatemalan consumers: New foods for old» [en línea] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19227052>.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2007), *Water & Sanitation Sector in Central America-Challenges and Opportunities*, Environment and Natural Resources Management Division.
- Black, Robert E. y otros (2008), «Maternal and child undernutrition: global and regional exposures and health consequences», *The Lancet*, 371 (9608), págs. 243-60 [en línea] [https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736\(07\)61690-0/fulltext](https://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736(07)61690-0/fulltext).
- BPNI/IBFAN (Breastfeeding Promotion Network of India/The International Baby Food Action Network) (2014), *Formula for Disaster Weighing the Impact of Formula Feeding vs Breastfeeding on Environment*, Delhi, India.
- Brown, Molly E. y Christopher C. Funk (2008), «Climate: Food security under climate change», *Science*, 319, págs. 580-581, New York, [en línea] <http://doi.org/10.1126/science.1154102>.
- Bush, Mark B., Miles R. Silman y Dunia H. Urrego (2004), «48 000 years of climate and forest change in a biodiversity hot spot», *Science*, vol. 303.
- Calero León, Carla Jeanneth (2011), «Seguridad alimentaria en Ecuador desde un enfoque de acceso a alimentos», tesis de maestría, Quito, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales (FLACSO).

- Campbell-Lendrum, Diarmid y otros (2014), «Human health: impacts, adaptation, and co-benefits», *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*, Parte A: Global and Sectoral Aspects. Contribución del grupo de trabajo II al quinto reporte de evaluación del IPCC, págs. 709-754, Cambridge, United Kingdom y New York, NY, U.S.A., Cambridge University Press.
- Carter, T.R. y otros (1994), *IPCC Technical Guidelines for Assessing Climate Change Impacts and Adaptations*, Department of Geography, University College of London.
- CAZALAC/PHI/UNESCO (Centro Regional del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe/Programa Hidrológico Internacional/Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2005), «Atlas de zonas áridas de América Latina y el Caribe», *Documento técnico*, N° 25, Koen Verbist y otros, PHI-VII.
- CCAD/BM (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo/Banco Mundial) (2010), «Base de datos SIG de Mesoamérica» [en línea] <http://www.ccad.ws/documentos/mapas.html>.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2015), *Ingreso agropecuario, pobreza y cambio climático en Centroamérica: una exploración metodológica* (LC/MEX/L.1198), México, D.F., Publicación de las Naciones Unidas.
- \_\_\_\_\_ (2002), *Vulnerabilidad sociodemográfica: viejos y nuevos riesgos para comunidades, hogares y personas*, (LC/R.2086), Santiago de Chile, Publicación de las Naciones Unidas.
- CEPAL/CAC-SICA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericana) (2014), *Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica* (LC/MEX/L.1169), México, D. F., Publicación de las Naciones Unidas
- \_\_\_\_\_ (2013), *Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica* (LC/MEX/L.1123), México, D. F., Publicación de las Naciones Unidas.
- CEPAL/CAC/COMISCA/CCAD/COSEFIN/SIECA/SICA/UKAID/DANIDA (2015), *Cambio climático en Centroamérica: impactos potenciales y opciones de política pública* (LC/MEX/L.1196), México, D. F., Publicación de las Naciones Unidas.
- CEPAL/COSEFIN/CCAD-SICA/COMISCA/UKAID/DANIDA (2012), «La economía del cambio climático en Centroamérica: evidencia de las enfermedades sensibles al clima», *Serie técnica 2012* (LC/MEX/L.1069), México, D. F., Publicación de las Naciones Unidas.
- CEPAL/COSEFIN/CCAD-SICA/UKAID/DANIDA (2012a), *La economía del cambio climático en Centroamérica: síntesis 2012* (LC/MEX/L.1074), México, D. F., Publicación de las Naciones Unidas.
- \_\_\_\_\_ (2012b), «La economía del cambio climático en Centroamérica: impactos potenciales en la aridez y los meses secos», *Serie técnica 2012* (LC/MEX/L.1074), México, D. F., Publicación de las Naciones Unidas.
- CEPAL/CCAD-SICA/UKAID/DANIDA (2011), *La economía del cambio climático en Centroamérica: reporte técnico 2011* (LC/MEX/L.1016), México, D.F., Publicación de las Naciones Unidas.
- CGIAR/CCAFS (Consultative Group for International Agricultural Research/Programa de investigación sobre cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria) (2016), «The Climate-Smart Village Approach: A novel Strategy for Scaling up Climate-Smart Agriculture Options» [en línea], Copenhagen, Dinamarca, <http://www.ccafs.cgiar.org>.
- \_\_\_\_\_ (2015), «CGIAR Strategy and Results Framework 2016-2030: Overview» [en línea] <https://cgspace.cgiar.org/handle/10947/4069>.
- Checkley, W. y otros (2000), «Effects of EI Niño and ambient temperature on hospital admissions for diarrheal diseases in Peruvian children», *The Lancet*, 355(9202), págs. 442-450.

- Christiaensen, Luc, Lionel Demery y Jesper Kühn (2011), «Role (evolving) of agriculture in poverty reduction: An empirical perspective», *Journal of Development Economics*, N° 96, págs. 239-254.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) (2012a), «Escenarios del Impacto del clima futuro en áreas de cultivo de café en México», documento preparado para el proyecto CUP (Coffee Under Pressure), Catholic Relief Services (CRS), Green Mountain Coffee Roaster (GMCR), Maya Vinic, Cochip' y Michizá (colaboradores).
- \_\_\_\_\_ (2012b), «Escenarios del impacto del clima futuro en áreas de cultivo de café en El Salvador», documento preparado para el proyecto CUP (Coffee Under Pressure), PROMECAFE, Catholic Relief Services (CRS), APECAFE, PROCAFE, FUNDESYRAM y COMUS (colaboradores).
- \_\_\_\_\_ (2012c), «Escenarios del impacto del clima futuro en áreas de cultivo de café en Nicaragua», documento preparado para el proyecto CUP (Coffee Under Pressure), Catholic Relief Services (CRS), FUNICA, Central de Cooperativas Cafetaleras del Norte (CECOCAFEN), Central de Cooperativas de Servicios Múltiples Aroma de Café (CECOSEMAC), PRODECOOP, Cooperativa 5 de junio, Padre Fabretto y CECOSPROCAES (colaboradores).
- \_\_\_\_\_ (2012d), «Escenarios del impacto del clima futuro en áreas de cultivo de café en Guatemala», documento preparado para el proyecto CUP (Coffee Under Pressure), Agencia Alemana de Cooperación Internacional (GIZ), PROMECAFE, Catholic Relief Services (CRS), Asociación Nacional del Café (ANACAFE), Green Mountain Roaster (GMCR), APECAFARM, Asociación Campesina Puchuteca Chimaltenago (ASOCAMPO), ACODEROL y Asociación de Productores de Café (APCASA) (colaboradores).
- CIAT/CRS/CIMMYT (Centro Internacional de Agricultura Tropical/Catholic Relief Services/International Center for Improvement of Maize and Wheat) (2012), *Tortillas on the roaster (TOR), Central American Maize-Bean System and the Changing Climate*, pág. 123, Cali, Colombia.
- COMISCA/SICA/MCR (Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica/Sistema de la Integración Centroamericana/Mecanismo de Coordinación Regional) (2015), *Plan estratégico para la eliminación de la malaria en Centroamérica y la Isla La Española*, EMMIE 2015-2020.
- Confalonieri, Ulisses y otros (2007), «Human health», *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge, UK, Cambridge University Press.
- Crahay, Philippe y otros (2010), «The threats of climate change on undernutrition: A neglected issue that requires further analysis and urgent actions», *SCN News*, 38, págs. 4-10, Ginebra, United Nations Standing Committee on Nutrition.
- Cramer, Laura y otros (2017), «Métodos propuestos para evaluar el impacto potencial del cambio climático sobre la seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y la República Dominicana», *CCAFS Working Paper* N° 196, Copenhagen, Denmark, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Crompton, Ryan P. y K. John McAneney (2008), «Normalised Australian insured losses from meteorological hazards: 1967-2006», *Environmental Science & Policy*, vol. 11, N° 5.
- Darmon, Nicole y Adam Drewnowski (2015), «Contribution of food prices and diet cost to socioeconomic disparities in diet quality and health: a systematic review and analysis», *Nutrition Reviews*, 73(10), págs. 643-660, [en línea] <https://academic.oup.com/nutritionreviews/article/73/10/643/1848128>.
- De Onis, Mercedes, Monika Blössner y Elaine Borghi (2010), «Global prevalence and trends of overweight and obesity among preschool children», *The American Journal of Clinical Nutrition*, 92(5), págs. 1257-1264.

- Dodge, Natasha (2013), «Effect of climate change and food insecurity on low-income households», *American Journal of Public Health*, 103(1).
- Douxchamps, Sabine y otros (2015), «Linking agricultural adaptation strategies and food security: evidence from West Africa», *Regional Environmental Change*, DOI 10.1007/s10113-015-0838-6.
- Downing, Thomas y otros (2003), *Climate Change and Demand for Water: Final Report*, Oxford, Stockholm Environment Institute (SEI).
- Easterling, William y otros (2007), «Food, fibre and forest products», *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability*, contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, M.L. Parry y otros (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, 273-313, [en línea] [https://www.ipcc.ch/publications\\_and\\_data/ar4/wg2/en/ch5.html](https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg2/en/ch5.html).
- EM-DAT (International Disaster Data Base) (2016), «EM-DAT Database», *Base de datos del Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (CRED)* [en línea] <http://www.emdat.be/database>.
- Ericksen, Polly J. (2007), «Conceptualizing food systems for global environmental change research», *Global Environmental Change*, vol. 18 (1), págs. 234-245.
- Ericksen, Polly J., John S.I. Ingram y Diana M. Liverman (2009), «Food security and global environmental change: emerging challenges», *Environmental Science & Policy*, 12, págs. 373–377.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2017a), «Impacto del cambio climático en la seguridad alimentaria y nutricional», presentación de Tito Díaz en el seminario sobre metodologías para el análisis de los potenciales impactos del cambio climático sobre la Seguridad Alimentaria y Nutricional en los países del SICA, San José, Costa Rica, mayo.
- \_\_\_\_\_(2017b), «The food Insecurity Experience Scale: Measuring food insecurity through people's experience» [en línea] <http://www.fao.org/in-action/voices-of-the-hungry/food-insecurity-experience-scale/es>.
- \_\_\_\_\_(2017c), «Analysis and mapping of impacts under climate change for adaptation and food security», AMICAF [en línea] <http://www.fao.org/in-action/amicaf>.
- \_\_\_\_\_(2017d), «The potential impact of climate change on breed distribution» [en línea] <http://www.fao.org/breed-distribution-model>.
- \_\_\_\_\_(2017e), «Agriculture Stress Index System (ASIS)» [en línea] <http://www.fao.org/resilience/news-events/detail/en/c/296089/>.
- \_\_\_\_\_(2017f), «ASIS-País: Sistema de vigilancia de la sequía agrícola» [en línea] [http://asis.sat.agro.bo/sites/default/files/biblioteca/pdf\\_asisdocumentos/brochure\\_asis.pdf](http://asis.sat.agro.bo/sites/default/files/biblioteca/pdf_asisdocumentos/brochure_asis.pdf).
- \_\_\_\_\_(2016a), *Cambio climático y seguridad alimentaria y nutricional América Latina y el Caribe: orientaciones de política*, Santiago, Chile.
- \_\_\_\_\_(2016b), *RIMA-II, Resilience Index Measurement and Analysis-II*, Roma.
- \_\_\_\_\_(2016c), «Climate change and food security: risks and responses» [en línea] <http://www.fao.org/3/a-i5188e.pdf>.
- \_\_\_\_\_(2015), *RIMA-II: Moving Forward the Development of the Resilience Index Measurement and Analysis Model* [en línea] <http://www.fao.org/3/a-i5298e.pdf>.
- \_\_\_\_\_(2014), *Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra: Emisiones por fuentes y absorciones por sumideros*, Roma.
- \_\_\_\_\_(2013), «Afrontar la escasez de agua: un marco de acción para la agricultura y la seguridad alimentaria», *Informes sobre temas hídricos*, vol. 38, Roma, [en línea] <http://www.fao.org/docrep/018/i3015s/i3015s.pdf>.

- \_\_\_\_\_(2012), *Medición y análisis del Índice de Resiliencia (RIMA)*, Roma.
- \_\_\_\_\_(2011), «The FAO Modelling System for Agricultural Impacts of Climate Change to support decision-making in adaptation» [en línea] <http://www.fao.org/3/a-be787e.pdf>.
- \_\_\_\_\_(2010), «Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector: A Life Cycle Assessment» [en línea] <http://www.fao.org/docrep/012/k7930e/k7930e00.pdf>.
- \_\_\_\_\_(2003), *Manual sobre la aplicación del sistema de análisis de peligros y de puntos críticos de control (APPCC) en la prevención y control de las Micotoxinas*, Roma.
- FAO/E TEA (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Escuela Superior de Técnica Empresarial Agrícola) (2008), *Desarrollo Rural y Seguridad Alimentaria y Nutricional en Centroamérica desde la Perspectiva del Proceso de Integración: Balances y Retos*, Fundación ETEA para el Desarrollo y la Cooperación y FAO.
- FAO/FIDA/PMA (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura/Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola/Programa Mundial de Alimentos) (2015), «El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo» [en línea] Roma, FAO, <http://www.fao.org/3/a-i4646s.pdf>.
- Fewtrell, Lorna y otros (2005), «Water, sanitation, and hygiene interventions to reduce diarrhea in less developed countries: a systematic review and meta-analysis», *Lancet Infectious Diseases* [en línea] [http://doi.org/10.1016/S1473-3099\(04\)01253-8](http://doi.org/10.1016/S1473-3099(04)01253-8).
- Fischer, Günther, Mahendra Shah y Harrij van Velthuizen (2002), *Climate Change and Agricultural Vulnerability*, Vienna, International Institute for Applied Systems Analysis.
- Fleischer, Aliza, Ivgenia Lichtman y Robert Mendelsohn (2007), «Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: will warming be harmful?», *Policy Research Working Paper*, N° 4135, Banco Mundial [en línea] <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/7169>.
- Freeman, P., M. Keen y M. Mani (2003), «Dealing with increased risk of natural disasters: challenges and options», *IMF Working Paper*, N° 3/197, Washington, D. C., Fondo Monetario Internacional.
- Fritsche, Uwe y Ulrike Eberle (2009), «Greenhouse-Gas Emissions from the Production and Processing of Food», Öko-Institut e.V, Institute for Applied Ecology, Darmsdat, Alemania, [en línea] [http://iinas.org/tl\\_files/iinas/downloads/food/2009\\_GHG\\_food.pdf](http://iinas.org/tl_files/iinas/downloads/food/2009_GHG_food.pdf).
- Frohmann, Alicia y otros (2015), «Sostenibilidad ambiental y competitividad internacional: la huella de carbono de las exportaciones de alimentos» (LC/W.663) [en línea], Santiago de Chile, CEPAL/Cooperación Regional Francesa para América del Sur, <https://www.cepal.org/es/publicaciones/38985-sostenibilidad-ambiental-competitividad-internacional-la-huella-carbono>.
- Frohmann, Alicia y Ximena Olmos (2013), «Huella de carbono, exportaciones y estrategias empresariales frente al cambio climático» (LC/W.559), Santiago de Chile, CEPAL, Naciones Unidas.
- Galindo, Luis Miguel y otros (2014), «Cambio climático, agricultura y pobreza en América Latina: una aproximación empírica» (LC/W.620), *Documentos de Proyectos* [en línea], Santiago de Chile, CEPAL, <https://www.cepal.org/es/publicaciones/cambio-climatico-agricultura-y-pobreza-en-america-latina-una-aproximacion-empirica>.
- Garnett, Tara (2011), «Where are the best opportunities for reducing greenhouse gas emissions in the food system (including the food chain)?», *Food Policy*, N° 36 [en línea] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306919210001132>.
- \_\_\_\_\_(2008), «Cooking up a storm: food, greenhouse gas emissions and our changing climate», *Food Climate Research Network*, United Kingdom, Centre for Environmental Strategy, University of Surrey.

- Giraldo, Diana P., Manuel J. Betancur y Santiago Arango (2010), «Análisis metodológico para la modelación de la seguridad alimentaria a nivel nacional», *Revista Bio Agro*, vol. 8, N° 1, Popayan, Cauca, Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Global Panel on Agriculture and Food Systems for Nutrition (2015), «Climate-smart food system for enhanced nutrition», *Policy Brief*, N° 2, London, United Kingdom, September, [en línea] <https://glopan.org/sites/default/files/pictures/GloPan%20Climate%20Brief%20Final.pdf>.
- González Chávez, María Inés y Porfirio Juárez López (2016), «Micotoxinas y cambio climático en la seguridad alimentaria», *Seguridad alimentaria, actores territoriales y desarrollo endógeno*, CDMX, México, Laberinto Ediciones.
- Hachigonta, Sepo y otros (eds.) (2013), «Southern African agriculture and climate change: A comprehensive analysis», *IFPRI Research Monograph* [en línea], Washington, D.C., International Food Policy Research Institute, <http://www.ifpri.org/publication/southern-african-agriculture-and-climate-change>.
- Hammond, James y otros (2016), «The rural household multi-indicator survey (RHoMIS) for rapid characterisation of households to inform climate smart agriculture interventions: Description and applications in East Africa and Central America», *Agricultural Systems*, vol. 151 [en línea] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X16301172>.
- Hammond, Sean T. y otros (2015), «Food spoilage, storage, and transport: Implications for a Sustainable Future», *BioScience* 65 (8), págs. 758-768 [en línea] <http://tierra.unm.edu/~jnekola/nekola%20pdf/bs-65-758-768.pdf>.
- Hashizume, M. y otros (2007), «Association between climate variability and hospital visits for non-cholera diarrhea in Bangladesh: effects and vulnerable groups», *International Journal of Epidemiology*, vol. 36, págs. 1030-1037.
- Hassan, Hassan y H. E. Dregne (1997), «Natural Habitats and Ecosystems Management in Drylands: An Overview», *Natural Habitats and Ecosystems Management Series*, Washington, D. C., The World Bank, Environment Department Papers, [en línea] <http://documents.worldbank.org/curated/en/242241468739511784/Natural-habitats-and-ecosystems-management-in-drylands-an-overview>.
- Headey, Derek (2013), «Developmental drivers of nutritional change: a cross-country analysis», *World Development*, N° 42, págs. 76-88.
- Herrero, M. y otros (2005), *IMPACT: Integrated Modelling Platform for Mixed Animal-Crop Systems; version 1.1*, pág. 130, Nairobi, Kenya, International Livestock Research Institute, [en línea] <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/1214>.
- Hotez, P. y otros (2008), «The neglected tropical diseases of Latin America and the Caribbean: A review of disease burden and distribution and a roadmap for control and elimination», *PLoS Neglected Tropical Diseases*, 2(9).
- Hsiao, Cheng (2003), «Analysis of Panel Data», *Econometric Society monograph*; N° 34 [en línea], United Kingdom, Cambridge University Press, <https://assets.cambridge.org/052181/8559/sample/0521818559WS.pdf>.
- Hurley, Kristen M., Aisha K. Yousafzai y Florencia Lopez-Boo (2016), «Early child development and nutrition: a review of the benefits and challenges of implementing integrated interventions», *Advances in Nutrition* (Bethesda, Md.), 7(2), págs. 357-363 [en línea] <http://doi.org/10.3945/an.115.010363>.
- IFPRI (International Food Policy Research Institute) (2015), *Global Nutrition Report: Actions and accountability to advance nutrition and sustainable development*, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute.

- ILRI (Instituto Internacional de Investigación en Ganadería) (s.f.), «ILRI Tools Portal. International Livestock Research Institute» [en línea] <http://data.ilri.org/tools/dataset/impactlite>.
- INCAP (Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá) (2017), «Cambio climático y nutrición, análisis y propuestas metodológicas para evaluar el impacto y respuesta en Centroamérica y la República Dominicana», Ciudad de Guatemala, Guatemala, INCAP [en línea] <http://www.incap.org.gt/index.php/es/noticias/1352-cambio-climatico-propuestas-para-evaluar-su-impacto>.
- \_\_\_\_\_(2015), «La malnutrición por micronutrientes de mujeres y niños en el Altiplano Occidental de Guatemala: ¿cuáles son las necesidades y qué se puede hacer?», *Resumen técnico de la INCAP*, Guatemala.
- \_\_\_\_\_(2013a), *Estudio complementario al análisis secundario de los datos de las Encuestas Nacionales de condiciones de vida de Guatemala: referencia para diseñar intervenciones específicas de micronutrientes*, Guatemala.
- \_\_\_\_\_(2013b), *La calidad de la dieta en República Dominicana aproximada con datos de la ENIGH-2007*, Guatemala.
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2014), *Climate Change 2014: Synthesis Report*, Geneva, Switzerland, Intergovernmental Panel on Climate Change.
- \_\_\_\_\_(2000), *Climate change 2000: IPCC Special report on emissions scenarios. A special report of IPCC Working Group III*, Richland, WA, United States, Pacific Northwest National Laboratory, Environmental Molecular Sciences Laboratory.
- Jalloh, Abdulai y otros (2013), «West African agriculture and climate change: a comprehensive analysis», *IFPRI Research Monograph*, Washington, International Food Policy Research Institute, [en línea] <http://www.ifpri.org/publication/west-african-agriculture-and-climate-change>.
- Jha, Shalene y otros (2014), «Shade coffee: Update on a disappearing refuge for biodiversity», *BioScience*, 64(5).
- Jiménez, Blanca y Takashi Asano (2008), *Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs*, Londres, Reino Unido, IWA Publishing.
- Jost, Christine, Nafisa Ferdous y Taylor D. Spicer (2014), *Caja de herramientas de género e inclusión; investigación participativa sobre cambio climático y agricultura*, Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria (CAAFS), CARE International y Centro Mundial Agroforestal (ICRAF), Copenhage, Dinamarca.
- Kakwani, Nanak (1989), «Testing for significance of poverty differences: with application to Cote D'Ivoire», *Living Standards Measurement Survey, Working Paper*, N° 62, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Kellenberg, Derek K. y Ahmed Mushfiq Mobarak (2008), «Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters?», *Journal of Urban Economics*, vol. 63, N° 3.
- Laborde, David, Simla Tokgoz y Maximo Torero (2013), «Long-term drivers of food and nutrition security», *Foodsecure Working Paper*, No. 6.
- Landa, Rosalba, Víctor Magaña y Carolina Neri (2008), *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, D.F., Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM.
- Lee, Haeng-Shin, Kiyah J. Duffey y Barry M. Popkin (2012) «South Korea's entry to the global food economy: shifts in consumption of food between 1998 and 2009», *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, N° 21, págs. 618-629.
- Lesmana, M. y otros (2001), «Vibrio parahaemolyticus associated with cholera-like diarrhea among patients in North Yakarta, Indonesia», *Diagn Microbiology Infections*, 39(2): pp. 71-75.

- Lewis, L. y otros (2005), «Aflatoxin contamination of commercial maize products during an outbreak of acute aflatoxicosis in Eastern and Central Kenya», *Environmental Health Perspectives*, vol. 113 (12).
- Lipper, L. y otros (2014), «Climate smart agriculture for food security», *Nature Climate Change*, vol. 4, págs. 1068-1072.
- Liu, N. T. y otros (2015), «Effects of environmental parameters on the dual-species biofilms formed by *Escherichia coli* O157:H7 and *Ralstonia insidiosus*, a strong biofilm producer isolated from a fresh-cut produce processing plant», *Journal of Food Protection*, vol. 78, N° 1, págs. 121-127, [en línea] <http://jfoodprotection.org/doi/10.4315/0362-028X.JFP-14-302>.
- Lloyd, S. J., R. Sari Kovats, y Z. Chalabi (2011), «Climate change, crop yields, and undernutrition: Development of a model to quantify the impact of climate scenarios on child undernutrition». *Environmental Health Perspectives*, 119(12), págs. 1817-1823 [en línea] <http://doi.org/10.1289/ehp.1003311>.
- MARENA (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Nicaragua) (2001), *Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*, Managua, Nicaragua.
- McCalla A. y C. Revoredo (2001), «Prospects for Global Food Security: A Critical Appraisal of Past Projections and Predictions», *Brief N° 71*, International Food Policy Research Institute.
- Medeiros, D. y M. McCandless (2011), *Impacts of Climate Change on Maize and Beans in Honduras*, International Institute for Sustainable Development (IISD), Canada.
- Medina, F. y M. Galván (2014), «Crecimiento económico, pobreza y distribución del ingreso: fundamentos teóricos y evidencia empírica para América Latina, 1997-2007» (LC/L.3689), *serie de Estudios Estadísticos*, N° 82, Santiago de Chile, CEPAL [en línea] <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/36652>.
- Mendelsohn, R., W. Nordhaus y D. Shaw (1994), «The impact of global warming on agriculture: A Ricardian analysis», *The American Economic Review*, vol. 84, N° 4.
- Miaou, S. (1990), «A class of time series urban water demand models with nonlinear climatic effects», *Water Resources Research*, vol. 26, N° 2.
- MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía, y Telecomunicaciones) y otros (2008), «Efectos del clima, su variabilidad y cambio climático sobre la salud humana en Costa Rica», *Segunda comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*.
- Momsen, J.H. (2004), *Gender and development*, London, United Kingdom, Routledge Perspectives in Development.
- Morris, M.A. y otros (2014), «What is the cost of a healthy diet? Using diet data from the UK women's cohort study», *Journal of Epidemiology and Community Health* (ISSN 0143-005X), 68, págs. 1043-1049, [en línea] <http://eprints.whiterose.ac.uk/82639/3/cadesubmitted%5B1%5D.pdf>.
- Müller, C. y R. Robertson (2014), «Projecting future crop productivity for global economic modeling». *Agricultural Economics*, vol. N° 45, issue 1, págs. 37-50.
- Myers, Samuel S. y otros (2015), «Effect of increased concentrations of atmospheric carbon dioxide on the global threat of zinc deficiency: a modelling study», *The Lancet, Global Health*, 3(10), págs. 639-645, [en línea] [http://doi.org/10.1016/S2214-109X\(15\)00093-5](http://doi.org/10.1016/S2214-109X(15)00093-5).
- \_\_\_\_\_(2014), «Increasing CO<sub>2</sub> threatens human nutrition», *Nature*, 510, págs. 139-142.
- Naab, J.B. y H. Koranteng, (2012), «Gender and climate change research results: Jirapa», *Ghana Working Paper*, N° 17, Nairobi, Kenya, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Nelson, Sibyl y Sophia Huyer (2016), «A gender-responsive approach to climate-smart agriculture evidence and guidance for practitioners», *Practice Brief*, FAO, CCAFS [en línea] <https://cgspace.cgiar.org/rest/bitstreams/74482/retrieve>.

- Nelson, Gerald C. y otros (2013), «Climate change effects on agriculture: Economic responses to biophysical shocks», *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111 (9), págs. 3274-3279.
- \_\_\_\_\_(2010), *Food Security, Farming, and Climate Change to 2050*, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute.
- \_\_\_\_\_(2009), *Climate Change: Impact on Agriculture and Costs of Adaptation*, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Ngo, J., A. Ortiz-Andrellucchi y L. Serra-Majem (2016), «Malnutrition: concept, classification and magnitude», *Encyclopedia of Food and Health* [en línea]  
[https://www.researchgate.net/publication/301702283\\_Malnutrition\\_Concept\\_Classification\\_and\\_Magnitude](https://www.researchgate.net/publication/301702283_Malnutrition_Concept_Classification_and_Magnitude).
- Odongo, Dorine (2014), «ImpactLite survey tool improves understanding of on-farm reality», *Climate Change, Agriculture and Food Security* [en línea] <https://ccafs.cgiar.org/es/blog/impactlite-survey-tool-improves-understanding-farm-reality#.V9rNDyjhDcu>.
- OMC/PNUMA (Organización Mundial de Comercio/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2009), *El comercio y el cambio climático*, Ginebra: OMC-PNUMA.
- OMS (Organización Mundial de Salud) (2016), «Temas de salud: nutrición» [en línea] <http://www.who.int/topics/nutrition/es/>.
- \_\_\_\_\_(2015), «Alimentación sana» [en línea], <<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs394/es/>>.
- \_\_\_\_\_(2006), «Guidelines on food fortification with micronutrients», *Unscn.Org*, 341.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) y otros (2014), «Una mirada integral a las políticas públicas de agricultura familiar, seguridad alimentaria, nutrición y salud pública en las Américas: acercando agendas de trabajo en las Naciones Unidas», *Reporte técnico*, Guatemala.
- Overpeck, J. y otros (2006), «Paleoclimatic evidence for future ice-sheet instability y rapid sea-level rise», *Science*, vol. 311.
- OXFAM (2013), *Growing Disruption: Climate change, food and the fight against hunger*, Oxfam G. B. [en línea] <https://www.oxfam.org/sites/www.oxfam.org/files/ib-growing-disruption-climate-change-230913-en.pdf>.
- Palazzo, A. y otros (2014), «Simulating stakeholder-driven food and climate scenarios for policy development in Africa, Asia and Latin America: A multi-regional synthesis», *CCAFS Working Paper*, N° 109 [en línea] Copenhagen, Denmark, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS) [www.ccafs.cgiar.org](http://www.ccafs.cgiar.org).
- Palmieri, M. y otros (2015), *La evolución de la nutrición en Centroamérica y la República Dominicana: temas de la agenda pendiente y problemas emergentes*, Guatemala, INCAP.
- Parry, M. y T. Carter (1998), *Climate Impact and Adaptation Assessment: A Guide to the IPCC Approach*. London: Earthscan.
- Parry, M. L. y otros (2004), «Effects of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios», *Global Environmental Change*, 14(1), págs. 53-67.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (1997), *Atlas mundial de desertificación*, Segunda edición, N. Middleton y D. Thomas (eds).
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y otros (2010), «Global Risk Data Platform: The Preview» [en línea] <http://preview.grid.unep.ch/index.php>.
- Popkin, B.M. (2011), «Contemporary Nutritional Transition: Determinants of Diet and its Impact on Body Composition» [en línea] <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3029493/>.

- Popkin, Barry M., Linda S. Adair y Shu Wen Ng (2012), «Global nutrition transition and the pandemic of obesity in developing countries», *Nutrition Reviews*, 70 (1), págs. 3-21.
- Popkin, Barry M. y P. Gordon-Larsen (2004), «The nutrition transition: worldwide obesity dynamics and their determinants», *International Journal of Obesity*, N° 28, S2-S9.
- PRESANCA II/PRESISAN (Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica/Programa Regional de Sistema de Información en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región SICA) (2015), «Las necesidades de energía alimentaria y determinación de pobreza extrema, canastas básicas de alimentos y necesidades alimentaria nacionales» [en línea] <https://www.sica.int/consulta/documento.aspx?idn=103977&idm=1>.
- \_\_\_\_\_(2012a), «Tendencias de la disponibilidad y la necesidad de alimentos en Centroamérica y la República Dominicana» [en línea] [http://www.sica.int/busqueda/busqueda\\_basica.aspx?IdCat=35&IdMod=3&IdEnt=915&Idm=1&IdmStyle=1](http://www.sica.int/busqueda/busqueda_basica.aspx?IdCat=35&IdMod=3&IdEnt=915&Idm=1&IdmStyle=1).
- \_\_\_\_\_(2012b), *Índices Alimentario-Nutricionales de precios al consumidor en la Seguridad Alimentaria y Nutricional*.
- PROGRESAN-SICA (Programa de Sistemas de Información para la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región del SICA) (2017), «Seminario de discusión sobre propuestas metodológicas para el análisis de los potenciales impactos del cambio climático sobre la Seguridad Alimentaria y Nutricional (SAN) en los países del Sistema de la Integración Centroamericana», presentación de Ricardo Sibrián en el seminario Metodologías para el análisis de los potenciales impactos del cambio climático sobre la Seguridad Alimentaria y Nutricional en los países del SICA, San José, Costa Rica, mayo.
- Ramírez, P. (1983), «Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica», *Nota de investigación Costa Rica*, vol. 5.
- Ray, D.K. y otros (2013), «Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050», *PLoS ONE*, 8(6).
- Robinson, S. y otros (2015), «The international model for policy analysis of agricultural commodities and trade (IMPACT) - Model description for version 3», *IFPRI Discussion Paper Series*, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute (IFPRI), [en línea] <http://ebrary.ifpri.org/cdm/ref/collection/p15738coll2/id/129825>.
- Romero, G. y A. Diez (2012), *Cambio climático y derecho a la alimentación*, Observatorio del Derecho a la Alimentación en América Latina y el Caribe [en línea] <http://www.oda-alc.org/documentos/1367960622.pdf>.
- Rosegrant, M. W., M. Agcaoili-Sombilla y N. D. Perez (1995), «Global food projections to 2020: implications for investment. food, agriculture, and the environment», *Discussion Paper N° 5*, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute, [en línea] <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/vp5.pdf>.
- Rosegrant, M.W. y otros (2015), «Climate Change, Food Security, and Socioeconomic Livelihood in Pacific Island» [en línea] Mandaluyong City, Philippines, Asian Development Bank and International Food Policy Research Institute, <http://www.adb.org/sites/default/files/publication/175046/climate-change-food-security-pacific.pdf>.
- \_\_\_\_\_(2009), «Looking into the future for agriculture and AKST (Agricultural Knowledge Science and Technology)», *Agriculture at a Crossroads*, Chapter 5, págs. 307-376, B.D. McIntyre y otros (eds.), Washington, D. C., Island Press.

- \_\_\_\_\_(2002), *World water and food to 2025: Dealing with Scarcity*, International Food Policy Research Institute, ISBN 0-89629-646.
- Rosenzweig, C. y M.L. Parry (1994), «Potential Impacts of Climate Change on World Food Supply», *Nature*, 367, págs. 133-138, [en línea] <http://pubs.giss.nasa.gov/abs/ro05500b.html>.
- Rosenzweig, C. y otros (2014), «Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111 (9), págs. 3268-3273.
- \_\_\_\_\_(1993), «Climate Change and World Food Supply», *Research Report*, N° 3, Oxford, UK, University of Oxford, Environmental Change Unit.
- Ruel, M. T. y H. Alderman (2013), «Nutrition-sensitive interventions and programmes: How can they help to accelerate progress in improving maternal and child nutrition?», *The Lancet*, 382, págs. 536-551, [en línea] [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)60843-0](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)60843-0).
- Rufino, M.C. y otros (2012a), *Developing Generic Tools for Characterizing Agricultural Systems for Climate and Global Change Studies (IMPACTlite-phase 2)*, Copenhagen, Denmark, CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- \_\_\_\_\_(2012b), *Household Characterization Survey - IMPACTlite Training Manual*, Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS).
- Sadowski, N. y D. Sutter (2005), «Hurricane fatalities and hurricane damages: Are safer hurricanes more damaging?», *Southern Economic Journal*, vol. 72, N° 2.
- Satia, J. A. (2010), «Dietary acculturation and the nutrition transition: an overview», *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 35, págs. 219-223.
- Save the Children (2014), «The Household Economy Approach» [en línea] <http://www.savethechildren.org.uk/sites/default/files/docs/The-Household-Economy-Approach.pdf>.
- Schaldach, R. y otros (2013), «Model-based analysis of the environmental impacts of grazing management on Eastern Mediterranean ecosystems in Jordan», *Journal of Environmental Management*, 127, S84-S95.
- Schmidhuber, J. y F.N. Tubiello (2007), «Global food security under climate change», *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(50), 19703-19708.
- Schwartz, J., R. Levin y K. Hodge (1997), «Drinking water turbidity and pediatric hospital use for gastrointestinal illness in Philadelphia», *Epidemiology*, 8(6): 615-620.
- Scott, G., W. Rosegrant, y C. Ringler (2000), «Global projections for root and tuber crops to the year 2020», *Food Policy*, 25 (2000), págs. 561-597.
- Scrimshaw, N. S. y J.P. SanGiovanni (1997), Synergism of nutrition, infection, and immunity: An overview, *The American Journal of Clinical Nutrition*, 66 (2), págs. 464-477.
- Segerson, K. y B. Dixon (1998), *Climate Change and Agriculture: The Role of Farmer Adaptation*, Chapter 3, *The Impact of Climate Change on the United States Economy*, R. Mendelsohn y J. Neumann (eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- Shonkoff, S. y otros (2009), *Environmental Health and Equity Impacts from Climate Change and Mitigation Policies in California: A review of the literature*, California Environmental Protection Agency and California Air Resources Board.
- SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana) (2015), «Comercio de los principales productos alimentarios en Centroamérica 1995-2014», Ciudad de Guatemala.
- Silvestri, S. y otros (2014a), *Data Quality Summary: CCAFS Detail Household Characterization Survey- Impact Lite Survey*, Climate Change, Agriculture and Food Security.

- \_\_\_\_\_(2014b), *ImpactLite surveys*, CCAFS, Cambridge: Harvard Dataverse Network.
- Sim, S. y otros (2007), «The relative importance of transport in determining an appropriate sustainability strategy for food sourcing», *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 12 (6), págs. 422-431.
- Skidmore, M. y H. Toya (2002), «Do natural disasters promote long-run growth?», *Economic Inquiry*, vol. 40, N° 4.
- Smith, J.E. y otros (1994), *Mycotoxins in Human Nutrition and Health*, Brussels, Belgium, European Commission.
- Socios CIF (2012), *Clasificación integrada de la seguridad alimentaria en fases* [en línea] <http://www.ipcinfo.org/ipcinfo-about/ipcinfo-partnership/es/>.
- Soto-Méndez, M. y otros (2011), *Food Variety, Dietary Diversity, and Food Characteristics Among Convenience Samples of Guatemalan Women*, Guatemala City, Guatemala, Center for Studies of Sensory Impairment, Aging and Metabolism (CeSSIAM).
- Speakman, J. R. (2008), «Thrifty genes for obesity, an attractive but flawed idea, and an alternative perspective: the «drifty gene» hypothesis», *International Journal of Obesity*, 32(11), págs. 1611-1617.
- Stern, N. (2007), «The economics of climate change», *The Stern Review*, United Kingdom, Cambridge University Press.
- Strunz, E. C. y otros (2014), «Water, sanitation, hygiene, and soil-transmitted helminth infection: A systematic review and meta-analysis», *PLoS Medicine*, 11(3) [en línea] <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1001620>.
- Sulser, T.B. y otros (2011), «The future role of agriculture in the Arab region's food security», *Food Security*, vol. 3: pp. 23-48.
- Takle, E. S. y otros (2013), «US food security and climate change: agricultural futures», *Economics: The Open-access, Open-assessment E-journal* 7 (2013-34) [en línea] <http://dx.doi.org/10.5018/economics-ejournal.ja.2013-34> [fecha de consulta: 20 de octubre de 2015].
- Thomson, M. y J. Fanzo (2015), «Climate change and nutrition», *Global Nutrition Report 2015: Actions and accountability to advance nutrition and sustainable development*, Chapter 6, págs. 74-84, Washington, D.C., International Food Policy Research Institute (IFPRI).
- Thomas, T. y otros (2013a), «Agriculture and adaptation in Bangladesh: Current and projected impacts of climate change», *IFPRI Discussion Paper* 01281, [en línea], Washington, IFPRI <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp01281.pdf>.
- \_\_\_\_\_(2013b), «Cambodian agriculture: Adaptation to climate change impact», *IFPRI Discussion Paper* 01285 [en línea], Washington, D.C., IFPRI, agosto <http://www.ifpri.org/sites/default/files/publications/ifpridp01285.pdf>.
- Thornton, P y L. Cramer (eds.) (2012), «Impacts of climate change on the agricultural and aquatic systems and natural resources within the CGIAR's mandate», *CCAFS Working Paper*, N° 23, Copenhagen, Denmark, CCAFS.
- Tirado, M.C. y otros (2015), «Climate change and nutrition in Africa», *Journal of Hunger & Environmental Nutrition*, N° 10, págs. 22-46.
- \_\_\_\_\_(2010), «Climate change and food safety: a review», *Food Research International*, vol. 43, págs. 1745-1765.
- Toivonen, S. y K. Viitanen (2016), «Environmental scanning and futures wheels as tools to analyze the possible future themes of the commercial real estate market», *Land Use Policy*, N° 52, págs. 51-61.
- Tubiello, F.N. y otros (2015), «The Contribution of Agriculture, Forestry and other Land Use activities to Global Warming, 1990-2012», *Global Change Biology*, vol. 27, N° 7.

- Turc, L. (1954), «Le bilan d'eau des sols. Relation entre la précipitation, l'évaporation et l'écoulement», *Annales Agronomiques*, vol. 5.
- UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change) (2015), Agricultura, *Materiales de formación del GCE para las evaluaciones de vulnerabilidad y adaptación*, capítulo 7.
- \_\_\_\_\_(2008), *Compendium on methods and tools to evaluate impacts of, and vulnerability and adaptation to, climate change* [en línea]  
[http://unfccc.int/files/adaptation/nairobi\\_workprogramme/compendium\\_on\\_methods\\_tools/application/pdf/20080307\\_compendium\\_m\\_t\\_complete.pdf](http://unfccc.int/files/adaptation/nairobi_workprogramme/compendium_on_methods_tools/application/pdf/20080307_compendium_m_t_complete.pdf).
- UN-Water/FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2007), «Coping with Water Scarcity: Challenge of the Twenty-First Century» [en línea]  
<http://www.fao.org/3/a-aq444e.pdf>.
- USEPA/ICF (The U.S. Environmental Protection Agency/The International Classification of Functioning, Disability and Health) (2012), *Global anthropogenic Non-CO<sub>2</sub> Greenhouse Gas Emissions: 1990-2030*, Washington, D.C.
- UN-REDD (The United Nations Collaborative Programme on Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation in Developing Countries) (2017), [en línea] <http://www.un-redd.org/>.
- Valverde, V. y otros (1978), «Clasificación funcional de poblaciones desnutridas en la República de El Salvador», *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*.
- Van Dijk, M. y otros (2015), *Scenarios to Explore Global Food Security up to 2050: Development Process, Storylines and Quantification of Drivers*, International Conference of Agricultural Economists (ICAE), Università degli Studi di Milano.
- Van Dijk, M. y G. Meijerink (2014), «A review of global food security scenario and assessment studies: results, gaps and research priorities», *FoodSecure Working paper 20*, LEI Wageningen UR.
- Ventura, A. K. y otros (2013), «Early influences on the development of food preferences», *Current Biology*, 23(9), R401–R408 [en línea] <http://doi.org/10.1016/j.cub.2013.02.037>.
- Vermeulen, S. J., B. M. Campbell y J. Ingram (2012), «Climate change and food systems», *Annual Review of Environment and Resources*, 37(1), págs. 195–222.
- Vermeulen, S. J. y otros (2013), «Addressing uncertainty in adaptation planning for agriculture», *Proceeding of the National Academy of Sciences of the U.S.A.*, 110, págs. 8357–8362.
- \_\_\_\_\_(2012), «Climate change, agriculture and food security: a global partnership to link research and action for low-income agricultural producers and consumers», *Current Opinion, Environmental Sustainability* 4(1), págs. 128–133.
- Vervoort, J.M. y otros (2014), «Challenges to scenario-guided adaptive action on food security under climate change», *Global Environmental Change*, vol. 28, págs. 383–394.
- Victora, C. G. y otros (2016), «Breastfeeding in the 21<sup>st</sup> century: Epidemiology, mechanisms, and lifelong effect», *The Lancet*, vol 387, págs. 475–490.
- Waithaka M. y otros, eds. (2013), «East African agriculture and climate change: a comprehensive analysis», *IFPRI Research Monograph* [en línea], Washington: International Food Policy Research Institute, <http://www.ifpri.org/publication/east-african-agriculture-and-climate-change>.
- Wheeler, T. y J. von Braun (2013), «Climate change impacts on global food security», *Science*, 341(6145), págs. 508–513 [en línea] <http://doi.org/10.1126/science.1239402>.
- WHO (World Health Organization) (2014), «Quantitative Risk Assessment of the Effects Of Climate Change on Selected Causes of Death, 2030 and 2050» [en línea], Ginebra, Suiza, <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/134014/1/9789241507691{ }eng.pdf>.

- Wiegmann, K. y otros (2005), «Umweltauswirkungen von Ernährung - Stoffstromanalysen und Szenarien», *Ernährungswende-Diskussionspapier*, N° 7 des Öko-Instituts [en línea], Darmstadt/Hamburg, [http://www.ernaehrungswende.de/pdf/DP7\\_Szenarien\\_2005\\_final.pdf](http://www.ernaehrungswende.de/pdf/DP7_Szenarien_2005_final.pdf).
- Wong, S. (1972), «A model on municipal water demand: A case study of Northeastern Illinois», *Land Economics*, vol. 48, N° 1 [en línea], University of Wisconsin Press, [https://www.jstor.org/stable/3145637?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/3145637?seq=1#page_scan_tab_contents).
- World Bank (2006), *Repositioning Nutrition as Central to Development: A Strategy for Large-Scale Action, Overview* [en línea], Washington D.C., <https://siteresources.worldbank.org/NUTRITION/Resources/281846-1131636806329/NutritionStrategyOverview.pdf>.
- Worsley, A. (2002), «Nutrition knowledge and food consumption: can nutrition knowledge change food behaviour?», *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition* [en línea] <http://doi.org/10.1046/j.1440-6047.11.supp3.7.x>.
- Yasabu, S. (2013), «African RISING uses IMPACT-Lite survey tool to document baseline data in Ethiopia», *Africa RISING: Research in Sustainable Intensification for the Next Generation* [en línea] <https://africa-rising.net/2013/09/08/impactlite/>.
- You, L. y otros (2014), «Generating global crop distribution maps: from census to grid», *Agricultural Systems*, vol. 127, págs 53-60 [en línea] <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308521X14000110>.

## ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

<b>ACI</b>	Agricultura climáticamente inteligente
<b>AFOLU</b>	Agricultura, silvicultura y otros usos del suelo
<b>AMICAF</b>	Analysis and Mapping of Impacts under Climate Change for Adaptation and Food Security / Análisis y cartografía de los impactos del cambio climático para la adaptación y la seguridad alimentaria
<b>AR4</b>	Cuarto Informe de Evaluación del IPCC
<b>AR5</b>	Quinto Informe de Evaluación del IPCC
<b>ASAC</b>	Agricultura Sostenible Adaptada al Clima
<b>ASIS</b>	Sistema del Índice de Estrés Agrícola
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo / Inter-American Development Bank
<b>BMZ</b>	The Federal Ministry of Economic Cooperation and Development (Germany) / Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania
<b>CAC</b>	Consejo Agropecuario Centroamericano
<b>CARE</b>	Cooperative for Assistance and Relief Everywhere
<b>CATIE</b>	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
<b>CAZALAC</b>	Centro Regional del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe
<b>CCAD</b>	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
<b>CCAFS</b>	Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security / Programa de investigación de CGIAR en cambio climático, agricultura y seguridad alimentaria
<b>CEAMUJER</b>	Centro Especializado de Atención a la Mujer en Nicaragua
<b>CELAC</b>	Comunidad de Estados Latinoamericanos y Caribeños
<b>CEPAL / ECLAC</b>	Comisión Económica para América Latina y el Caribe / Economic Commission for Latin America and the Caribbean
<b>CFC</b>	Clorofluorocarbonos
<b>CGE</b>	Equilibrio General Computable
<b>CGIAR</b>	Consultative Group for International Agricultural Research / Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional
<b>CH<sub>4</sub></b>	Metano
<b>CIAT</b>	Centro Internacional de Agricultura Tropical
<b>CIF</b>	Clasificación Integrada en Fases
<b>CIMMYT</b>	International Maize and Wheat Improvement Center / Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

<b>CMNUCC</b>	Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático / United Nations Framework Convention on Climate Change
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de carbono
<b>CO<sub>2e</sub></b>	Dióxido de carbono equivalente
<b>COMISCA</b>	Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica
<b>COSEFIN</b>	Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y la República Dominicana
<b>CRS</b>	Catholic Relief Services
<b>CSC</b>	Corredor Seco Centroamericano
<b>CTR</b>	Comité Técnico Regional
<b>CUTS</b>	Cambio de Uso de la tierra y silvicultura
<b>DAD-IS</b>	Sistema de Información sobre la Diversidad de los Animales Domésticos
<b>DANIDA</b>	The Danish International Development Agency / Agencia Danesa de Cooperación Internacional
<b>DFID</b>	The Department for International Development of the United Kingdom / Departamento para el Desarrollo Internacional del Reino Unido
<b>DSSAT</b>	Decision Support for Agro-Technology Transfer / Apoyo a la toma de decisiones para la transferencia de tecnología agrícola
<b>ECC CA</b>	La economía del cambio climático en Centroamérica
<b>ECC CARD</b>	La economía del cambio climático en Centroamérica y la República Dominicana
<b>EDA's</b>	Enfermedades diarreicas agudas
<b>EIRD</b>	Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la reducción de Desastres / United Nations International Strategy for the reduction of Disasters
<b>ELCSA</b>	Escala Latinoamericana y Caribeña de Seguridad Alimentaria
<b>EM-DAT</b>	The Emergency events database / Base de datos de eventos de emergencia
<b>ENOS</b>	El Niño-Oscilación del Sur
<b>FAO</b>	Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura / United Nations Organization for Food and Agriculture
<b>FIDA / IFAD</b>	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola / International Fund for Agricultural Development
<b>FIES</b>	Escala de Experiencia de Inseguridad Alimentaria
<b>FOLU</b>	Silvicultura y otros usos de suelo
<b>FRL</b>	Nivel de referencia forestal
<b>GACSA</b>	Alianza Global por una Agricultura Ambientalmente Inteligente
<b>GCM</b>	Modelo de Circulación General
<b>GEI</b>	Gases de efecto invernadero
<b>GIA</b>	Grupo Interagencial de Apoyo
<b>GLOBIOM</b>	Global Biosphere Management Mode / Modo de gestión de la biosfera global
<b>GPAFN</b>	Global Partnership for Agriculture, Food Security and Nutrition / Asociación mundial para la agricultura, la seguridad alimentaria y la nutrición

<b>HC</b>	Huella de carbono
<b>HCFC</b>	Hidroclorofluorocarbonos
<b>HFC</b>	Hidrofluorocarbono
<b>HFIAS</b>	Escala de Acceso de la Inseguridad Alimentaria en el Hogar
<b>IA</b>	Índice de Aridez
<b>IAA</b>	Inseguridad Alimentaria Aguda
<b>IBP</b>	Índice de Biodiversidad Potencial
<b>ICF</b>	The International Classification of Functioning, Disability and Health / Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud
<b>ICWASM</b>	Modelo de Asignación de Agua y Estrés
<b>IFPRI</b>	International Food Policy Research Institute / Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias
<b>IGHM</b>	Modelo Mundial Hidrológico / Global Hydrological Model
<b>IIASA</b>	Instituto Internacional para el Análisis de sistemas Aplicados
<b>IICA</b>	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
<b>ILRI</b>	International Livestock Research Institute / Instituto Internacional de Investigación Ganadera
<b>IMN</b>	Instituto Meteorológico Nacional de Costa Rica
<b>IMPACT</b>	Análisis de Políticas sobre Productos y Comercio Agropecuario
<b>IMPACTlite</b>	Plataforma de Modelación de Sistemas Mixtos de Cultivos y Animales
<b>INCAP</b>	Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá
<b>IPCC</b>	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático
<b>IRA</b>	Infecciones respiratorias agudas
<b>INSAN</b>	Inseguridad Alimentaria y Nutricional
<b>IWMI</b>	International Water Management Institute / Instituto Internacional de Gestión del Agua
<b>IWSM</b>	Modelo de Simulación de Cuencas
<b>JAC</b>	Juntas de Acción Comunal
<b>MARENA</b>	Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua
<b>MCF</b>	Metilcloroformo
<b>MCR</b>	Mecanismo de Coordinación Regional del Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica (COMISCA)
<b>MINAET</b>	Ministerio de Ambiente, Energía y Tecnología de Costa Rica
<b>MINSA</b>	Ministerio de Salud de Costa Rica
<b>MM-CNULD</b>	Mecanismo Mundial de la Convención de Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación / United Nations Global Mechanism of the Convention to Combat Desertification
<b>MOSAICC</b>	Sistema de Modelización de Impactos Agrícolas del Cambio Climático
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Dióxido de nitrógeno
<b>NDF</b>	Nordic Development Fund / Fondo Nórdico del Desarrollo

<b>NORAD</b>	Norwegian Agency for Development Cooperation / Agencia Noruega para la Cooperación al Desarrollo
<b>O<sub>3</sub></b>	Ozono
<b>ODM</b>	Objetivos de Desarrollo del Milenio
<b>ODS</b>	Objetivos de Desarrollo Sostenible
<b>OIRSA</b>	Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria
<b>OMC / WTO</b>	Organización Mundial de Comercio / World Trade Organisation
<b>OMS / WHO</b>	Organización Mundial de la Salud / World Health Organisation
<b>ONG</b>	Organización no gubernamental
<b>OPS / PAHO</b>	Organización Panamericana de la Salud / Panamerican Health Organisation
<b>OSPESCA</b>	Organización del sector pequero y acuícola del Istmo Centroamericano
<b>OXFAM</b>	Oxford Committee for Famine Relief / Comité de Oxford para el Alivio de la Hambruna
<b>PAM</b>	Políticas, Acciones o Medidas
<b>PHI</b>	Programa Hidrológico Internacional
<b>PIB</b>	Producto interno bruto
<b>PMA / WFP</b>	Programa Mundial de Alimentos / World Food Programme
<b>PNUD / UNDP</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo / United Nations Development Programme
<b>PNUMA/ UNEP</b>	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente / United Nations Environment Programme
<b>PRESANCA</b>	Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica
<b>PRESISAN</b>	Programa Regional de Sistemas de Información en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región del SICA
<b>PROGRESAN</b>	Programa de Sistemas de Información para la Resiliencia en Seguridad Alimentaria y Nutricional de la región del SICA
<b>RCI</b>	Índice de Capacidad de Resiliencia
<b>RCP</b>	Representative Concentration Pathways / Caminos representativos de concentración
<b>REDD+</b>	Reducción de las emisiones por deforestación y degradación de los bosques.
<b>RHoMIS</b>	Rural Household Multi-Indicator Survey / Encuesta de indicadores múltiples de hogares rurales
<b>RIMA</b>	Resilience Index Measurement and Analysis / Análisis y medición del índice de resiliencia
<b>RSM</b>	Resilience Structure Matrix / Matriz de Estructura de Resiliencia
<b>SAN</b>	Seguridad Alimentaria y Nutricional
<b>SE-CAC</b>	Secretaría Ejecutiva del Consejo Agropecuario Centroamericano
<b>SENA</b>	Instituto Nacional de Servicios de Aprendizaje
<b>SICA</b>	Sistema de la Integración Centroamericana
<b>SIECA</b>	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
<b>SIG</b>	Sistemas de Información Georreferenciada

<b>SSPs</b>	Rutas socioeconómicas compartidas
<b>TeSAC</b>	Territorios Sostenibles Adaptados al Clima
<b>TET</b>	Tetracloruro de carbono
<b>UNEP</b>	United Nations Environment Programme Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA)
<b>UNESCO</b>	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization / Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
<b>UNFCCC</b>	United Nations Framework Convention on Climate Change / Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático
<b>UNICEF</b>	United Nations Children's Fund Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia
<b>USAID</b>	United States Agency for International Development / Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional
<b>USEPA</b>	U.S. Environmental Protection Agency / Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
<b>VoH</b>	Voice of the Hungry / La voz de los hambrientos
<b>WRAP</b>	United Kingdom Waste and Resource Action Programme / Programa de acción de residuos y recursos del Reino Unido
<b>WHO/ OMS</b>	World Health Organization / Organización Mundial de la Salud



**Comisión Económica para América Latina y el Caribe  
Sede Subregional en México**

Blvd. Miguel de Cervantes Saavedra N° 193, pisos 12 y 14  
Col. Granada • Del. Miguel Hidalgo  
C.P. 11520 Ciudad de México, México

(+52 55) 4170 56.00 • [uacc-mex@cepal.org](mailto:uacc-mex@cepal.org)  
[www.cepal.org/mexico](http://www.cepal.org/mexico) • [repositorio.cepal.org](http://repositorio.cepal.org)

**Programa de Investigación de CGIAR en Cambio Climático,  
Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS)**

Centro Internacional para la Agricultura Tropical (CIAT)  
Km 17 Recta Cali-Palmira  
Apartado Aéreo N° 6713  
Cali, Colombia

(+57) 2445 0000 • [contact@cgiar.org](mailto:contact@cgiar.org) • [www.cgiar.org/](http://www.cgiar.org/)

**PROGRESAN-SICA**

Bulevar del Hipódromo N° 549  
Col. San Benito, San Salvador, El Salvador  
(+503) 2248-8800 • [info.progresan@sica.int](mailto:info.progresan@sica.int)  
[www.sica.int/san/progresan/](http://www.sica.int/san/progresan/)

**INCAP-SICA**

Calzada Roosevelt 6-25, Zona 11  
Apartado postal N° 1188  
Ciudad de Guatemala, Guatemala

(+502) 2315-7900 • [e-mail@incap.int](mailto:e-mail@incap.int)  
[www.incap.int/index.php/es/](http://www.incap.int/index.php/es/)

**Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)**

Final Bulevar Cancillería, Distrito El Espino, Ciudad Merliot  
Antiguo Cuscatlán • La Libertad, El Salvador

(+503) 2248-8800 • [info.sgsica@sica.int](mailto:info.sgsica@sica.int)  
[www.sica.int/index.aspx](http://www.sica.int/index.aspx)

**Nordic Development Fund (NDF)**

P.O. Box 185  
FIN-00171 Helsinki, Finland  
(Visiting address: Fabianinkatu 34)

(+358) 10 618 002 • [info.ndf@ndf.fi](mailto:info.ndf@ndf.fi) • [www.ndf.fi/](http://www.ndf.fi/)

**Banco Interamericano de Desarrollo (BID)**

1300 New York Avenue, N.W.  
Washington, D.C. 20577, United States of America  
(+202) 623-1000 • [www.iadb.org](http://www.iadb.org)

**Organización de las Naciones Unidas para la  
Alimentación y la Agricultura (FAO)**

Oficina Subregional de la FAO para Mesoamérica  
Edificio 238 • Ciudad del Saber, Clayton  
Ciudad de Panamá, Panamá

(+507) 301 0326 • [fao-slm@fao.org](mailto:fao-slm@fao.org) • [www.fao.org](http://www.fao.org)

