

Módulo 2

Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación.

Bárbara Viguera • M. Ruth Martínez-Rodríguez • Camila I. Donatti • Celia A. Harvey • Francisco Alpízar

CONSERVACIÓN
INTERNACIONAL

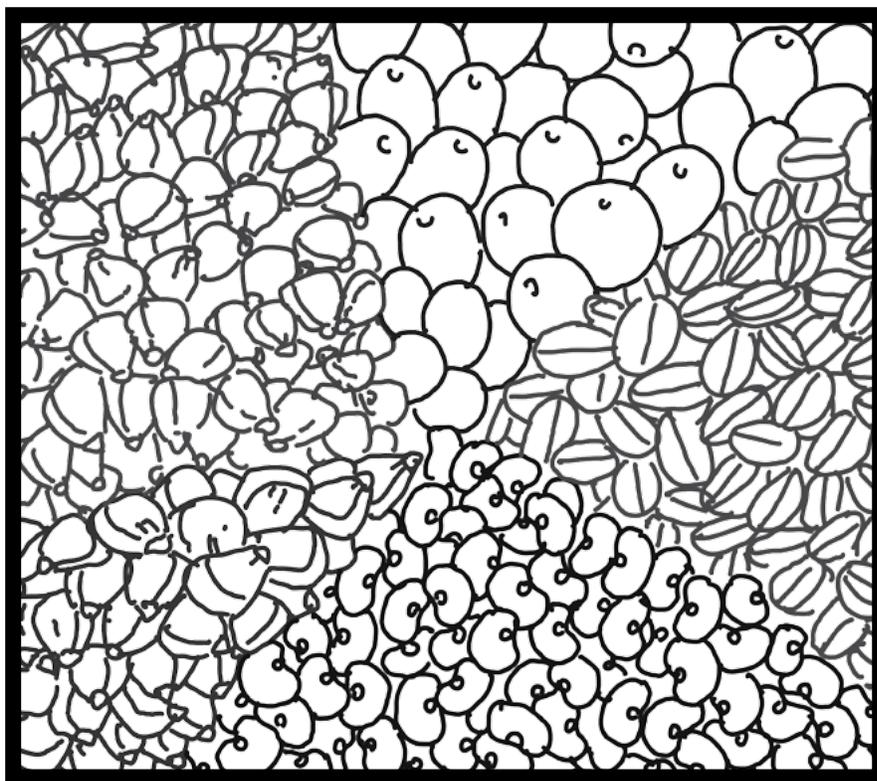


CATIE

Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

Módulo 2

Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación.



Bárbara Viguera • M. Ruth Martínez-Rodríguez • Camila I. Donatti • Celia A. Harvey • Francisco Alpizar

Proyecto CASCADA
Conservación Internacional (CI)
Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE)
División de Investigación y Desarrollo
Turrialba, Costa Rica, 2017

Créditos

Este material puede ser reproducido total o parcialmente con fines didácticos y como apoyo a actividades de capacitación sin fines de lucro, sin previa autorización, siempre y cuando se reconozca la autoría del mismo.

El presente manual se elaboró en el marco de fortalecimiento de capacidades técnicas en materia de Adaptación basada en Ecosistemas para la agricultura del Proyecto CASCADA: Adaptación Basada en Ecosistemas para pequeños productores de subsistencia y café en Centroamérica (CI-CATIE). CASCADA forma parte de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI). El Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) apoya esta iniciativa con base en la decisión adoptada por el Bundestag de la República de Alemania.

Más información sobre CASCADA en:
www.conservation.org/cascade-espanol

Revisores

Se agradece especialmente la contribución técnica de Eduardo Pacay (IDEA-CATIE) al contenido y organización de este módulo. Asimismo, el Proyecto CASCADA agradece la revisión de este material, así como las sugerencias y comentarios realizados en el contenido a las siguientes personas:

Ana Lucía Solano (C. Estudios Ambientales y de Biodiversidad, Universidad Del Valle de Guatemala)

Gabriela Jiménez Nehring (Instituto Hondureño del Café – IHCAFE)

Jorge Arce (Profesor de cultivos tropicales – Universidad EARTH, Costa Rica)

Julio López (Oficina Nacional de CATIE en Guatemala)

Liseth Hernández (Programa Ambiental Mesoamericano, MAP-Noruega, Trifinio)

Mirza Castro (FAO-Honduras),

Ilustraciones y diagramación

Olman Bolaños Vargas

Cita recomendada

Viguera, B., Martínez-Rodríguez, M.R., Donatti, C., Harvey, C.A. y Alpízar, F. 2017. Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). 47 páginas.

Presentación general

Este manual forma parte de los materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas en materia de adaptación de la agricultura al cambio climático del Proyecto CASCADA. Los materiales, que constan de 4 módulos de capacitación, tienen como objetivo diseminar información práctica de la aplicación del concepto de Adaptación basada en Ecosistemas para extensionistas. Para ello, los módulos introducen y contextualizan conceptos relacionados con el cambio climático y la vulnerabilidad frente a los impactos del clima, relacionan estos conceptos con sus consecuencias en la agricultura, y muestran posibles soluciones para la agricultura de pequeña escala a través de la Adaptación basada en Ecosistemas.

Este manual constituye una herramienta para actualizar los conocimientos de los extensionistas en materia de cambio climático y adaptación. Esta iniciativa surge de la imperiosa necesidad de adaptarse al cambio climático, especialmente la agricultura de pequeña escala en la región Centroamericana. Este material puede reproducirse para ser utilizado en actividades de extensión con productores y diseminación a nivel técnico. Los objetivos específicos de cada tema se detallan en cada módulo.

Módulo I	El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos.
Módulo II	Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación.
	1. Impactos del cambio climático en la agricultura 2. Impactos del cambio climático en la caficultura 3. Impactos del cambio climático sobre la producción de granos básicos 4. Estrategias frente al cambio climático en agricultura: acciones de mitigación 5. Estrategias frente al cambio climático en agricultura: acciones de adaptación 6. Sinergias entre mitigación y adaptación en agricultura 7. Mensajes clave
Módulo III	La importancia de los servicios ecosistémicos para la agricultura
Módulo IV	Cómo enfrentar el cambio climático desde la agricultura: Prácticas de Adaptación basadas en Ecosistemas (AbE)

Indicaciones para la comprensión del manual

En el siguiente módulo encontrará una serie de indicadores y marcas que le permitirán profundizar en el conocimiento de los temas tratados:

plantaciones⁴⁵

Los números en super índice quieren decir que la idea que se reproduce en el texto procede de una fuente externa, científica o técnica. Al final del manual, en la bibliografía, encontrará la referencia a cada uno de estos documentos consultados.

antropogénico

Las palabras resaltadas en negrita en el texto son conceptos que, por ser poco conocidos o novedoso, se detallan en el glosario que se encuentra al final de cada módulo.

Cuadro 2.1.

Los cuadros que aparecen en el texto están ampliando el conocimiento en algún tema específico, y también aportan casos de estudio y ejemplos.

**En el año 2013...*

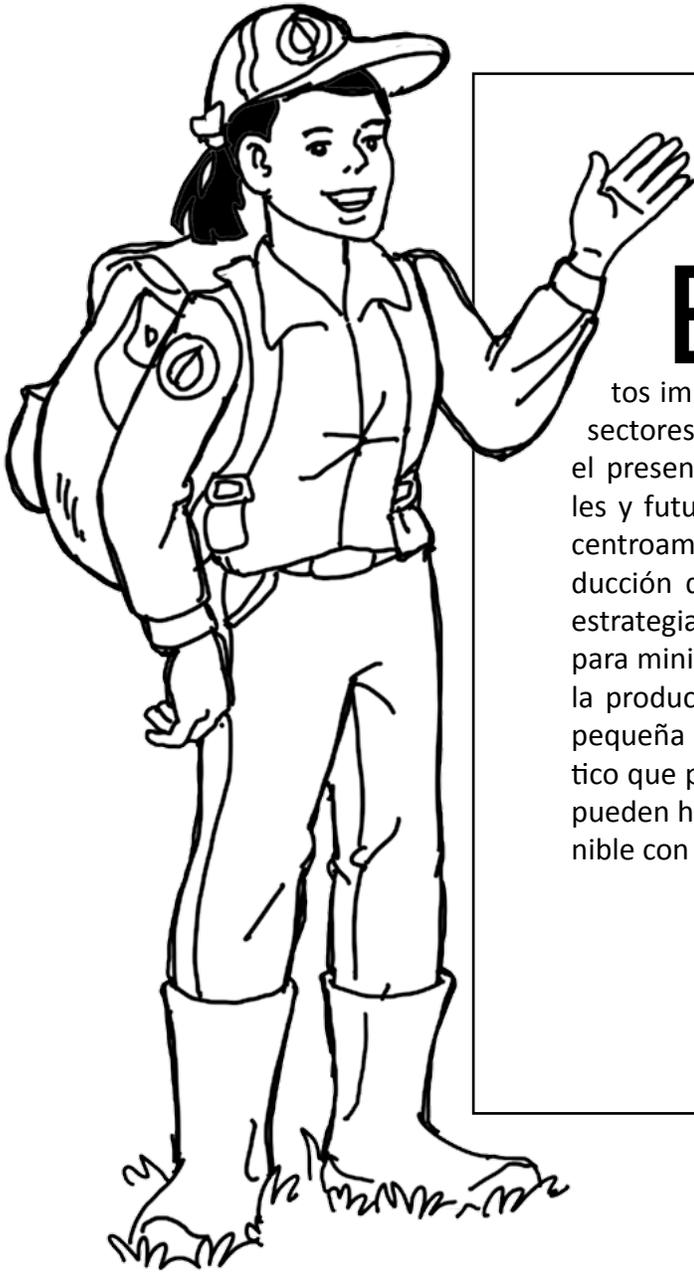
En todo el manual encontrarán ejemplos y casos específicos que ilustran los contenidos del módulo, para la realidad de Centroamérica y los sistemas de cultivo de café y granos básicos.

Instituciones involucradas

El Proyecto CASCADA surge del esfuerzo conjunto realizado por Conservación Internacional (CI) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) es un centro regional dedicado a la investigación y la enseñanza de posgrado en agricultura, manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales. Sus miembros son Belice, Bolivia, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, México, Nicaragua, Panamá, Paraguay, República Dominicana, Venezuela, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Estado de Acre en Brasil.

Conservación Internacional es una organización sin fines de lucro fundada en 1987 con oficinas y socios en más de 30 países. La misión de CI: "Apoyándose en una base científica sólida, cooperación y demostración de campo CI empodera a las sociedades para que cuiden, de manera responsable y sostenible, la naturaleza, nuestra biodiversidad global y el bienestar de la humanidad."



El cambio climático inequívocamente está ocasionando una serie de cambios a nivel global, regional y local, esto tendrá impactos importantes en la agricultura, que es uno de los sectores más sensibles a las condiciones del clima. En el presente módulo estudiaremos los impactos actuales y futuros del cambio climático sobre la agricultura centroamericana, con énfasis en la caficultura y la producción de granos básicos. Además, abordaremos las estrategias que pueden implementar los agricultores para minimizar los impactos del cambio climático sobre la producción, especialmente aquellos productores de pequeña escala en zonas vulnerables al cambio climático que producen café, maíz o frijol, y las acciones que pueden hacer de la agricultura una actividad más sostenible con el ambiente.

Contenido

1. Impactos del cambio climático en la agricultura.....	7
2. Impactos del cambio climático en la cañicultura.....	10
3. Impactos del cambio climático sobre la producción de granos básicos.....	17
4. Estrategias frente al cambio climático en agricultura: acciones de mitigación.....	23
4.1. El rol de la agricultura en el cambio climático.....	23
4.2. Actividades de mitigación en la finca.....	24
5. Estrategias frente al cambio climático en agricultura: acciones de adaptación.....	29
5.1. Formas, estrategias y opciones de adaptación	31
5.2. Costos de la adaptación.....	33
5.3. La estrategia de adaptación más adecuada.....	34
5.4. Adaptación basada en Ecosistemas.....	35
6. Sinergias entre mitigación y adaptación en agricultura.....	36
7. Mensajes clave.....	39
8. Glosario.....	40
9. Bibliografía.....	43

Impactos del cambio climático en la agricultura

La agricultura es uno de los sectores más vulnerables al cambio climático a nivel mundial, ya que es altamente sensible a los cambios de temperatura y a los regímenes de precipitación. Los modelos climáticos prevén cambios drásticos en las condiciones climáticas en muchas regiones de mundo, incluyendo cambios en temperatura, precipitación e incremento en la frecuencia y severidad de eventos extremos como sequías y huracanes. Estos cambios tendrán efectos en el rendimiento y distribución de los cultivos, en la variación de los precios, la producción y el consumo⁵⁰, además de afectar el bienestar de las familias productoras.

Se espera que los rendimientos de los granos básicos, como arroz, maíz y trigo, disminuyan significativamente a nivel mundial para el año 2050, con diferencias entre países en vías de desarrollo y los países desarrollados. Los precios mundiales de los alimentos incrementarán a consecuencia de la disminución de la producción global que se espera debido a los efectos del cambio climático (ver tabla 1). Estas reducciones impactarán negativamente a la **seguridad alimentaria** a nivel mundial, por lo que se espera que al 2050 el consumo per cápita de cereales disminuya en 7.1% en países en vías de desarrollo⁵⁰.

Tabla 1.

Impactos del cambio climático sobre los cereales de mayor relevancia mundial, estimados bajo un escenario pesimista de emisiones (escenario A2) para el año 2050^[50].

	Reducción del rendimiento		Aumento de precios	Pérdida de producción mundial
	Países en desarrollo	Países desarrollados		
Maíz	2%	1.2%	153.3%	10%
Arroz	14.4%	3.5%	113.4%	11.9%
Trigo	28%	6%	170.6%	23.2%

Los efectos del cambio climático sobre la agricultura a nivel mundial serán heterogéneos en las regiones: se espera un leve incremento en la productividad de los cultivos en las latitudes medias y altas (impacto positivo) y la reducción de la productividad en latitudes bajas, especialmente las regiones tropicales y con sequía estacional³⁷.



Los impactos generarán cuantiosas pérdidas económicas a nivel mundial. Debido a que la agricultura será uno de los sectores más afectados por el cambio climático, gran parte de estos costos recaerán sobre el sector agrícola. Por ejemplo, se estima que para el año 2050 bajo el escenario de A2 de cambio climático, se generará pérdidas económicas en el sector agrícola costarricense que representarían el 1-2% del PIB, para Honduras éstas pérdidas podrían llegar al 5-8% del PIB y para Guatemala podrían ser de entre el 0.63% y el 1.30% del PIB^{48,52,53}, pudiendo ser mayores para los agricultores en condiciones de subsistencia.



El aumento en el precio de la canasta básica incrementará la inseguridad alimentaria en la región.

El tipo de agricultura predominante en la región, de pequeña y mediana escala desarrollada mayoritariamente por familias rurales y comunidades indígenas de escasos recursos, es particularmente vulnerable a los impactos esperados. A nivel centroamericano, la agricultura ya ha sufrido fuertes impactos a consecuencia del cambio climático en los últimos años, con pérdidas de hasta 11 mil millones de dólares (5.7% del PIB) por efecto de eventos climáticos extremos entre 1972-2007¹⁴. El escenario futuro para la agricultura centroamericana no es alentador ya que el impacto se verá reflejado en el ingreso y en la reducción del rendimiento de los principales cultivos. Se estima que el cambio climático podrá ocasionar pérdidas en la agricultura equivalentes a 5.4% y 19.1% del PIB centroamericano para los años 2050 y 2100 respectivamente, bajo un escenario pesimista de emisiones¹⁴. En general, la reducción de la productividad, el aumento de las pérdidas de cosecha y la degradación de recursos naturales provocarán escasez de alimentos en toda la región y crearán situaciones de dependencia de alimentos importados a precios elevados y de dudosa calidad y contenido nutricional.

Efectos esperados a nivel agrícola

Los efectos e impactos sobre los sistemas agrícolas de cada país variarán según la interacción entre el clima, la topografía, los tipos de suelo, los tipos de cultivo, la disponibilidad de agua y las clases de cultivos, ganado y árboles utilizados por los productores en sus plantaciones⁴⁵. Además, las condiciones sociales y políticas que afecten las decisiones de los productores y las acciones que lleven a cabo los productores y las comunidades serán las que determinen finalmente la gravedad de los impactos sufridos. Algunos efectos directos esperados del cambio climático sobre la agricultura son:

- Reducción de productividad y rendimiento asociados a menor disponibilidad de agua en los acuíferos, incremento de la concentración de contaminantes, pérdida de humedad del suelo, etc.
- Impactos directos sobre las plantas y cosechas por efecto de los fenómenos extremos (huracanes, tormentas, etc.), como la rotura de tallo, defoliación, volcado, etc.
- Impacto sobre la fenología de la planta, manifestándose a través de floraciones erráticas, o cosechas continuas.
- Erosión y degradación de la tierra, sedimentación en cauces y reservorios de agua, desbordamientos, inundaciones, deslizamientos y derrumbes provocados por lluvias inesperadas, lluvias torrenciales y otros eventos extremos como huracanes.
- Incremento de la incidencia de plagas y enfermedades de los cultivos (incluidas las que afectan durante la post-cosecha y almacenamiento). Algunos hongos, insectos y virus se verán favorecidos por las nuevas condiciones climáticas, más calientes y de humedad variable y por el debilitamiento de los enemigos naturales, así como por la introducción de nuevos patógenos asociados a nuevas variedades.

- Reducción de polinizadores. La distribución y abundancia de polinizadores, esenciales para la producción de ciertos cultivos, podrán verse afectados por las nuevas condiciones climáticas, especialmente las abejas por condiciones de sequía y los cambios en la época de floración, sincronizada con las lluvias.

En respuesta a estos cambios, algunos cultivos perderán aptitud o “dejarán de darse bien”. La aptitud se refiere a las condiciones climáticas, edáficas y topográficas y rangos ideales para que un cultivo produzca de forma óptima (ver figura 1). Las condiciones predominantes en un sitio determinan el crecimiento adecuado de cierto cultivo agrícola; cambios en los patrones de la temperatura, precipitación o degradación de los de los ecosistemas pueden reducir la aptitud agrícola de un sitio determinado⁷².

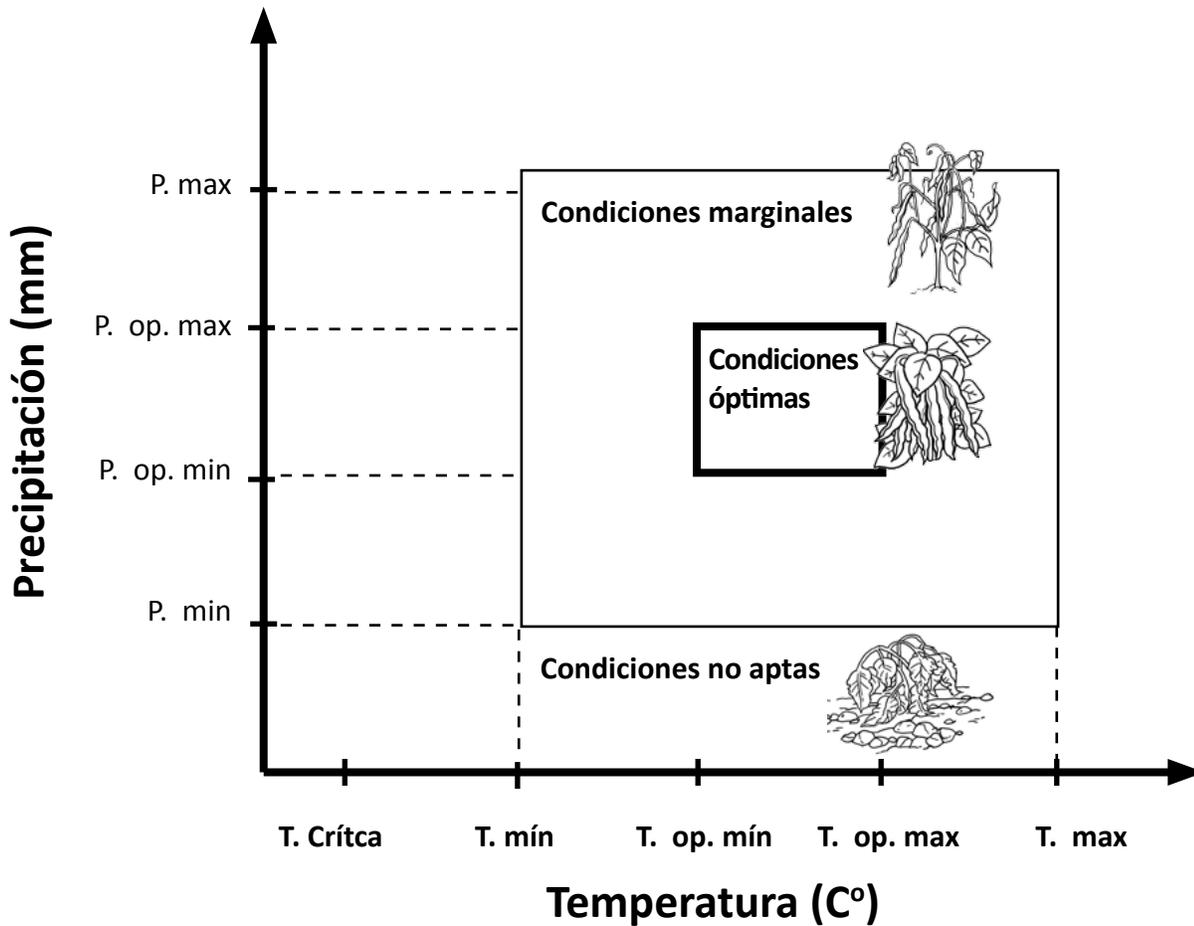


Figura 1. Esquema de aptitud para los cultivos. Con el cambio climático las temperaturas y precipitaciones óptimas cambiarán, mejorando o comprometiendo la productividad.

2. Impactos del cambio climático en la caficultura

El café es muy sensible a los cambios del clima⁸, por lo que se espera que el cambio climático tenga impactos significativos en el café, incluyendo impactos en la fisiología de las plantas, la aptitud de la tierra y la productividad, entre otros. Estos impactos serán diferentes en función de la especie de café (arábica o robusta), la variedad, las características biofísicas del lugar de cultivo y del manejo que se le dé. Los impactos del cambio climático se sumarán a las amenazas que sufre el café en la actualidad: difícil acceso a mercados, precios bajos del café, precios elevados de los insumos, etc.

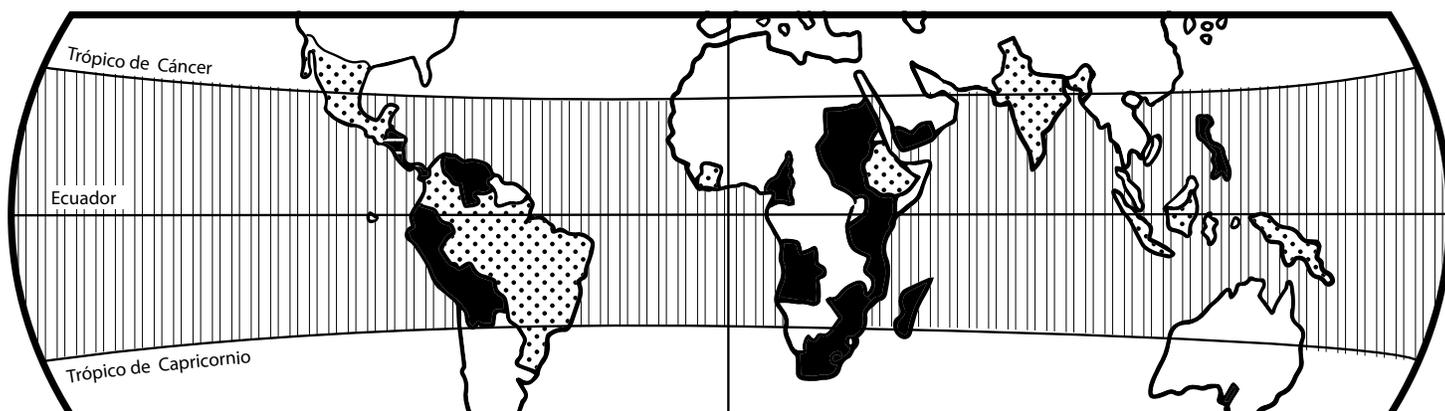


Figura 2. El café es originario de África y en la actualidad se distribuye en la franja tropical y subtropical que se conoce como cinturón de café (~25°N-30°S) en punteado los 10 países que más café producen: Brasil, Colombia, México y Guatemala en el continente americano.

Tabla 2.
Requerimientos fisiológicos del café.

	Arabica (<i>Coffea arabica</i>)	Robusta (<i>Coffea canephora</i>)
Temperatura ideal	Entre 18-21°C	entre 22-26°C
Temperatura media tolerada	Hasta 24°C	Hasta 30°C
Precipitación	1200-1800 mm por año	1200-3000 mm por año
Rango altitudinal	600-2000 msnm	0-700 msnm
Suelos (textura, tipo, mo)	Suelos idealmente oscuros Permeabilidad moderada Relativamente profundos Ligeramente ácidos (pH=5-5.5) Fértiles y con una proporción de materia orgánica en torno al 10%	Francos a franco arcilloso Con buen drenaje Medianamente profundos Ligeramente ácidos (pH= 5.5-6.5) Ricos en materia orgánica.
Actitud frente al cambio climático	Más susceptible	Más resistente, debido a que tolera temperaturas más altas

Fuentes: 36,42,60

a. Condiciones climáticas ideales para la producción de café:

El café crece en climas tropicales y subtropicales (ver fig. 3) con temperatura templada y un régimen de precipitaciones distribuido a lo largo del año en dos picos (bimodal). En la región se cultivan dos especies de café, el café arábica (*Coffea arabica*) y el café robusta (*Coffea canephora*), que tienen requerimientos fisiológicos algo diferentes (ver tabla 2) y sufrirán los impactos del cambio climático de forma desigual.

b. Impactos y efectos del cambio climático en el café

Las plantas de café, tanto de robusta como de arábica, son sensibles a las condiciones ambientales, principalmente a luz, temperatura, lluvia y humedad en todas las etapas de crecimiento y producción de grano. Por lo tanto, cambios en el clima y eventos extremos tienen impactos importantes en la productividad y calidad de la cosecha en el cafetal, llegando a reducir la actividad e incluso a provocar la muerte de las plantas⁵⁶. Indirectamente, los cambios en el clima incrementarán la incidencia de plagas y enfermedades, la degradación de suelos y reducirán la provisión de servicios ambientales como control de plagas y polinización, como veremos más adelante en el módulo 3.

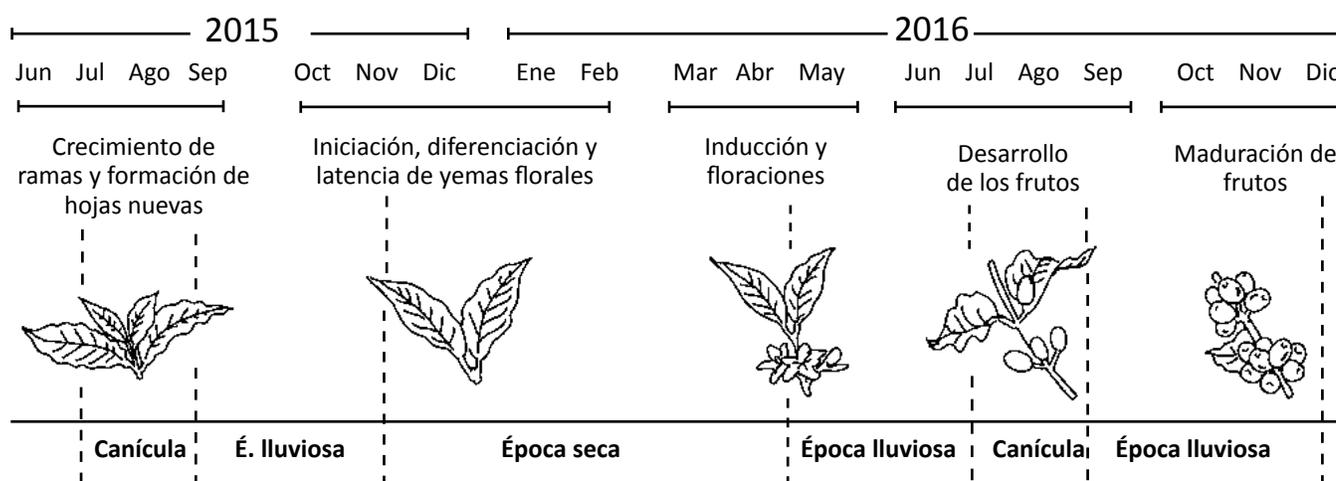


Figura 3. El ciclo productivo del café se caracteriza por la activación del crecimiento vegetativo y la floración con el comienzo de la temporada de lluvias, el desarrollo de los frutos durante la estación lluviosa y la maduración de los frutos al comienzo de la estación seca siguiente, con variaciones en función del clima, la altitud y la variedad de café. Adaptado de Altamirano^[3]

El rendimiento y algunas fases en particular son sensibles a la variabilidad de la temperatura y precipitación anual e **intra-anual** (mes por mes) y a los eventos extremos. Algunos de los impactos que se esperan con las nuevas condiciones climáticas son:

- Aceleración del desarrollo y maduración del fruto y degradación de la calidad del grano con temperaturas por encima del rango óptimo (21° C)
- Reducción de la capacidad fotosintética a partir de 24° C, que resulta en un menor rendimiento de la planta³
- Reducción de la formación de yemas florales (y posteriores frutos) a temperaturas superiores a 28-30°C¹⁸
- Daño severo a plantas, menor crecimiento, hojas amarillas, tumores en la semilla y abortos florales por encima de 30°C

- Floración errática (loca) o continua por falta de estacionalidad de la lluvia y defectos en el desarrollo de la flor (flores estrellas), que reduce la producción y la rentabilidad económica. Las yemas florales requieren 2-3 meses secos (idealmente menos de 50 mm mensuales) y menos de 13 horas de luz para generar una floración uniforme²⁴.
- Purga de frutos, afección de raíces y deslave del terreno por efecto de lluvias extremas. Cuando llueve durante la fase de desarrollo, las plantas tienden a generar demasiado tejido vegetativo a expensas de flores y frutos²⁴.
- Problemas en el llenado de grano (grano vano y grano negro) por una canícula prolongada entre las semanas 15 y 25 del desarrollo del grano³.
- Mayor impacto de la broca del café (*Hypothenemus hampei*) a mayores temperaturas medias. La broca del café podría alcanzar su óptimo reproductivo a 26°C³⁸.
- Descenso de la productividad por reducción de agua disponible, a causa de una mayor aridez y el incremento de evapotranspiración debido a altas temperaturas.
- Defoliación, caída de flores, frutos y quiebre de plantas por vientos fuertes.

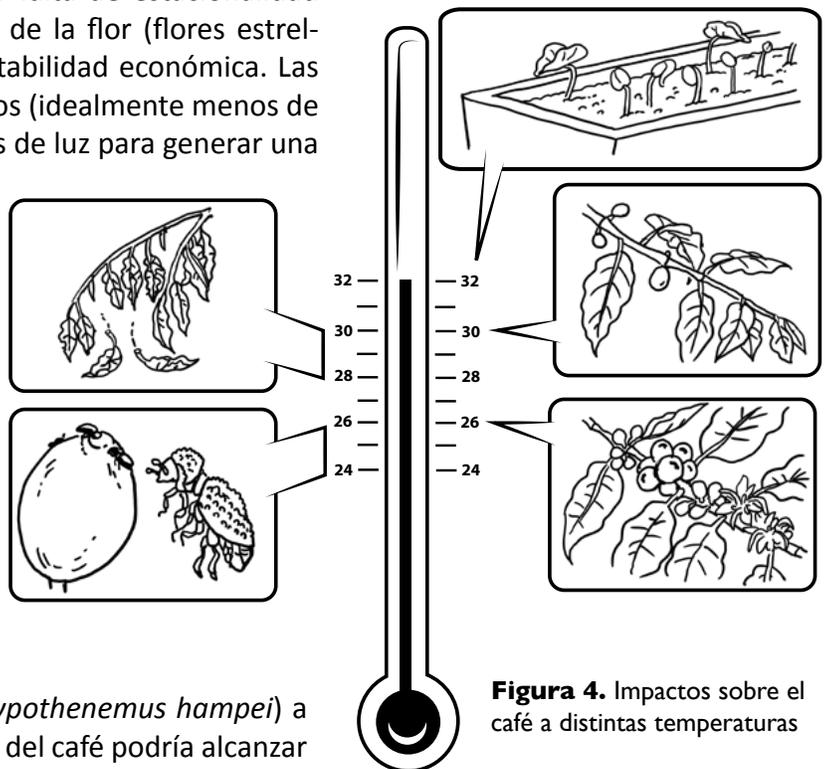


Figura 4. Impactos sobre el café a distintas temperaturas

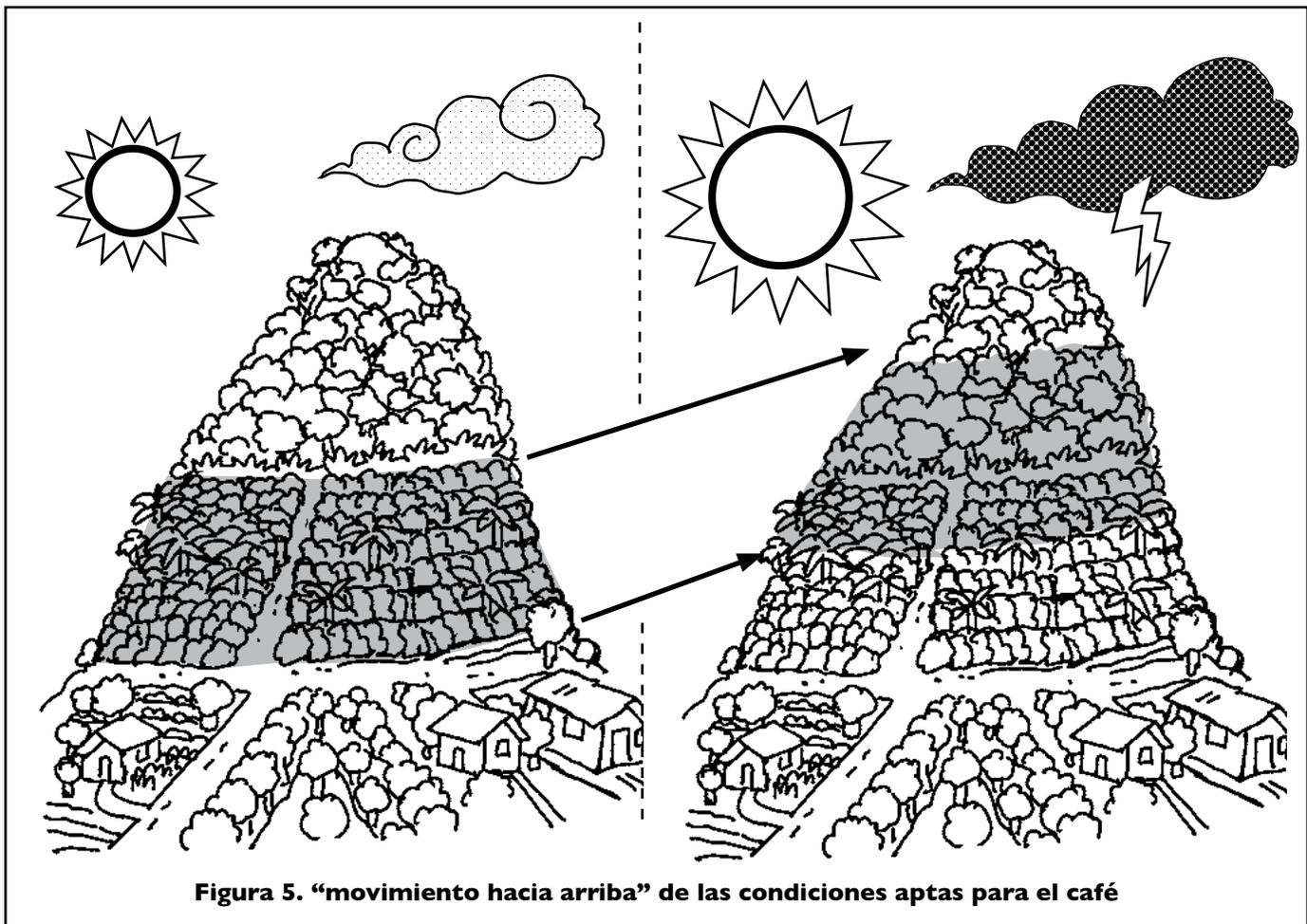
Algunos de los impactos serán positivos, como la mejora de la germinación de las semillas que tienen su óptimo de temperatura a 30-32°C²⁴, la reducción de la supervivencia de hembras de broca colonizadoras con temperaturas superiores a los 30°C³⁸ o el incremento de la productividad en zonas altas, que actualmente no producen o producen poco⁵⁵.

Además, el cambio climático puede favorecer condiciones de humedad elevada y temperatura templada, idóneas para la dispersión de enfermedades, o condiciones de temperatura alta con variabilidad de precipitaciones, que permitirá acortar los ciclos de desarrollo de plagas y enfermedades, como ocurrió con la roya del cafeto (*Hemileia vastatrix*) en 2012⁴, haciéndolos más frecuentes y abundantes. Sin embargo, las plagas y enfermedades que afectan al café están también favorecidas por el mal manejo del cafetal y la desaparición de enemigos naturales por el mal uso de los pesticidas. Las buenas prácticas pueden ayudarnos a controlar el microclima del cafetal, a manejar las plagas de forma integral y a mejorar el **agroecosistema** del café, como veremos en el módulo 4.

c. Aptitud del cultivo de café: estimación de pérdida/ganancia de aptitud y área apta.

Dado que las áreas más bajas serán más calientes y secas con el cambio climático, la producción de café en estas áreas será menos viable que en la actualidad⁸. Es por esto que se espera que la producción de café se desplace hacia zonas más altas, donde las condiciones climáticas son más favorables. Esto resultará en la redistribución de las zonas aptas para la producción de café, acomodándose al rango con condiciones

óptimas para el crecimiento y productividad. A consecuencia de esto, la frontera agrícola podría continuar avanzando en zonas de conservación o de recarga hídrica, comprometiendo los recursos (ver figura 5).



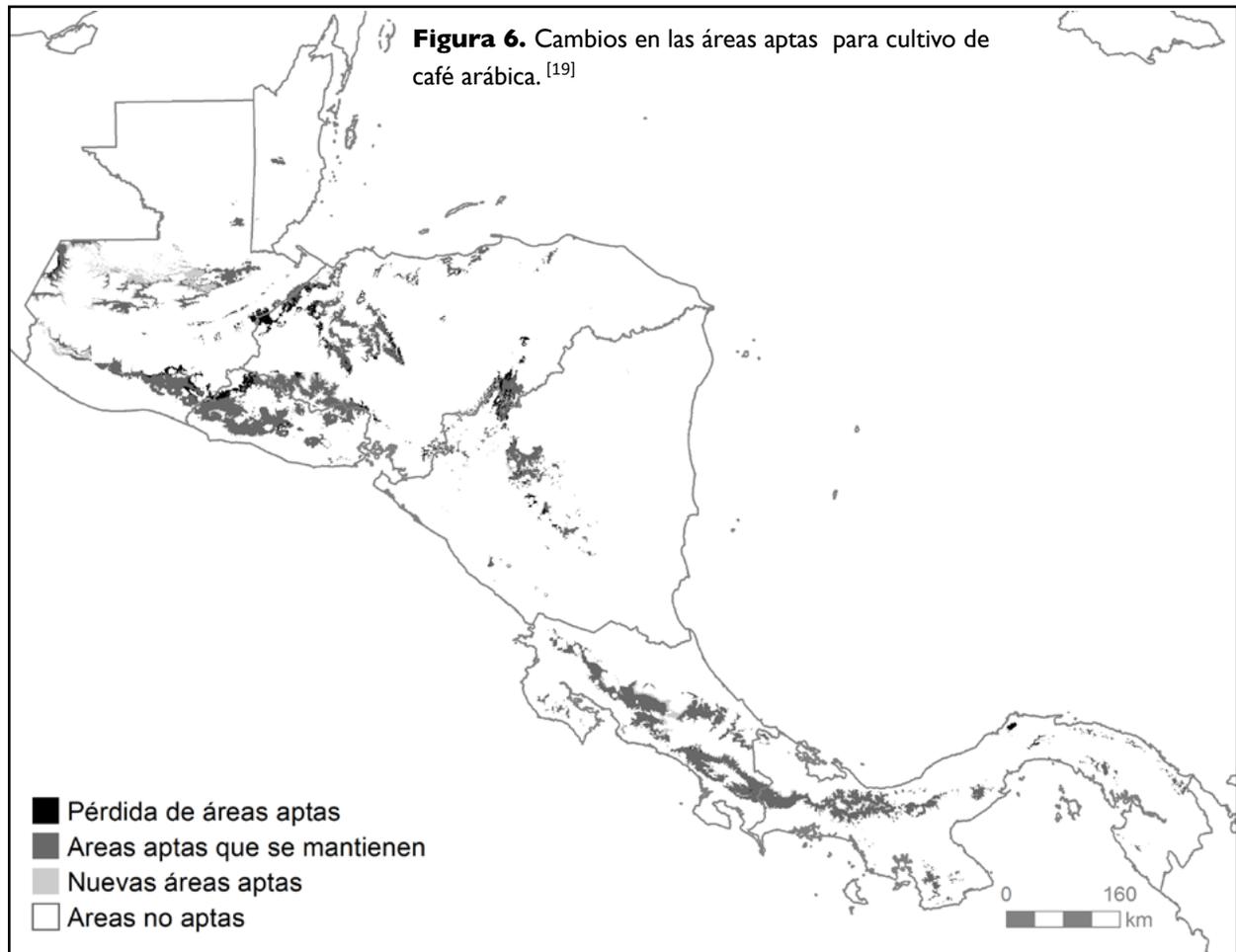
Los cambios en aptitud se refieren a **1)** cambios en el área apta para la producción de café en el futuro en comparación con las áreas aptas en condiciones actuales, considerando que algunos sitios donde se cultiva café ahora no serán adecuados para cultivar en el futuro, y **2)** cambios en el grado de aptitud (alta, media o baja) en las zonas aptas en la actualidad y en el futuro.

Los estudios existentes indican que el cambio climático afectará significativamente las áreas aptas actuales para el cultivo de café, con algunas áreas nuevas y otras que se pierden, y el mantenimiento de la aptitud en estas áreas. Algunas conclusiones de estos estudios indican que se espera una reducción global del 30% del área apta actual para arábica y del 51% del área apta actual de robusta para el año 2050, bajo el escenario RCP 2.6⁸. En la región Centroamericana, los cambios esperados para 2050, según el escenario de emisiones A2, son:

Arábica

- **Las áreas con excelente aptitud van a disminuir en 12% en América Central en el futuro**¹⁹. En Honduras, se espera que las zonas con excelente aptitud disminuyan en 24%, en Nicaragua en 21% y en Guatemala en 13%. En cambio, en Costa Rica <1% de las áreas actuales con excelente aptitud perderán su aptitud para el año 2050.

- **Se prevén nuevas áreas con *aptitud excelente*** en Guatemala (46% de incremento según la zona actual con excelente aptitud), Costa Rica (12%) y Honduras (9%), y en menor extensión en los demás países de Centro América para el año 2050 (Fig: 6)¹⁹, lo cual tendrá consecuencias positivas y negativas (ver cuadro 2.1.).



- **Algunas áreas pueden mejorar sus condiciones para el cultivo del café por efectos positivos del cambio climático**, como las zonas más altas de las cordilleras en Guatemala y una pequeña parte de Costa Rica³⁹, especialmente en zonas por encima de 1800 msnm, pero podría igualmente perder viabilidad económica en algunos casos⁸.
- **La reducción del rendimiento del cultivo afectará a la mayor parte del áreas cafetaleras de Centroamérica** (ver tabla 3), a consecuencia de los cambios de aptitud y productividad. En el periodo 2000-2010, 40% de los departamentos o provincias cafetaleras de la región tuvieron rendimientos de más de 0.8 T/ha, se espera que para 2100, solamente el 13% de los departamentos o provincias mantengan ese rendimiento, mientras que el 27% restante se habrá reducido a medio (0.3-0.8 T/ha) y los departamentos o provincias con rendimiento medio en 2010, a bajo (<0.3 T/ha) en 2100.

Tabla 3.

Porcentaje de departamentos o cantones cafetaleros centroamericanos por rango de rendimiento en la actualidad, 2050 y 2100, según escenario A2.

Adaptado de CEPAL, CCAD, DFID.¹²

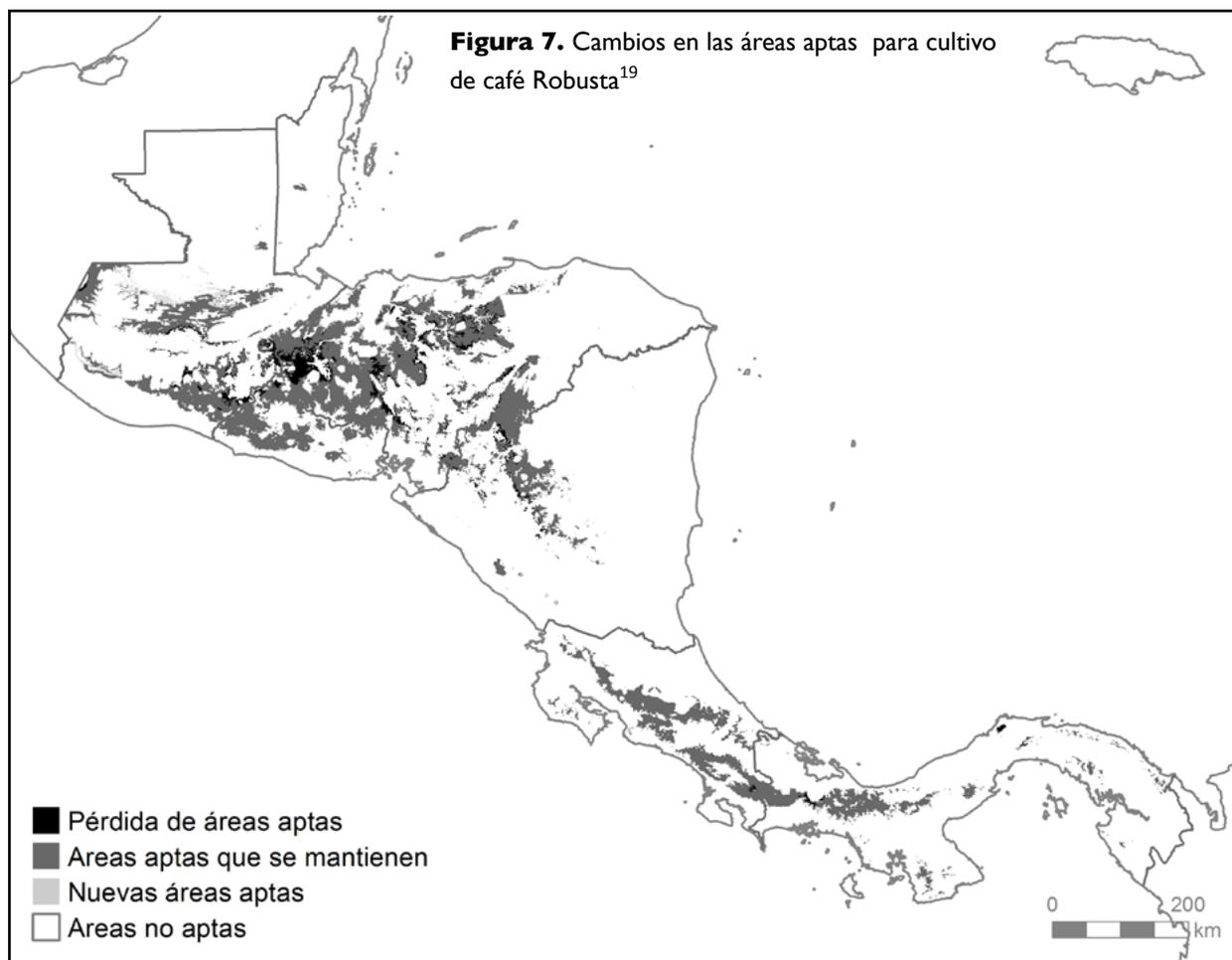
Rendimiento (T/ha)		2000-2010	2050	2100
Alto	> 0.8	40%	32%	13%
Medio	0.3 – 0.8	45%	43%	45%
Bajo	< 0.3	15%	25%	42%

A modo de ejemplo, una finca cafetalera con producción excelente en la actualidad, seguirá siendo apta en el futuro, pero su producción podría no ser tan buena como en la actualidad.

Robusta

Se espera que el café robusta sufra el mismo tipo de cambios (ver Figura 7), si bien el área apta actual es mayor a la de arábica debido a sus requerimientos más amplios en temperatura y precipitación¹⁹:

- **Las áreas aptas para robusta en la actualidad se van a reducir en 12% en América Central**, especialmente concentrados en todo el territorio hondureño, la región sur de Guatemala y el norte de Nicaragua, hacia el año 2050;
- **Se prevén nuevas áreas aptas** para el cultivo de robusta en Guatemala, equivalentes a un 2.3 % del área, en las cordilleras del norte y el oeste del país para el año 2050.



Cuadro 2.1. Consideraciones sobre las nuevas áreas aptas

Las nuevas zonas aptas para el cultivo de café en el futuro no son necesariamente una oportunidad: estas áreas pueden ser zonas de bosque, áreas protegidas o áreas de recarga hídrica, lo que podría dar lugar a conflictos por aumento de presión sobre estos recursos. En muchas áreas, los productores no tendrán la posibilidad de cambiar sus tierras por otras de mayor aptitud^{55,58} y tendrán que buscar alternativas a la producción de café. En otras áreas, la expansión de café a áreas actualmente forestadas puede resultar en la pérdida de **biodiversidad**, el aumento de las emisiones adicionales de GEI por deforestación e impactos negativos sobre la disponibilidad de agua⁸. El manejo integral es clave para hacer frente a los impactos del cambio climático y la expansión de la frontera agrícola sin comprometer los recursos naturales.

3. Impactos del cambio climático sobre la producción de granos básicos

Los cambios esperados en los patrones de lluvia y rangos de temperatura habituales afectarán de forma global la producción de granos básicos tales como el maíz, frijol y arroz. En la región centroamericana, los impactos estarán relacionados con el incremento de estrés hídrico y térmico de los cultivos, cambios de las dinámicas de las plagas y enfermedades, incremento de la erosión y degradación de los suelos por efecto de los eventos extremos, alteración de la polinización y desfases de las cosechas de granos básicos¹³.

a) Condiciones climáticas óptimas para la producción de granos básicos

Los granos básicos son originarios de zonas intertropicales, sin embargo, debido a sus amplios rangos de requerimientos climáticos (ver tabla 4), se encuentran ampliamente distribuidos en varias regiones del mundo⁴⁴.

Tabla 4.

**Condiciones óptimas para el cultivo de maíz, frijol y arroz.
Los rangos y requerimientos pueden variar en función de las variedades y altitud del cultivo.**

	Rango de temperatura (°C)	Rango de precipitación [mm]	Rango de altitud (msnm)	Suelos ideales	Periodo de crecimiento
Maíz <small>22,33</small>	24-30°C	400-700 (500)	0-4000	Textura media, profundos, retención de agua y buen drenaje	120 días a 1 año
Frijol <small>22,47,52</small>	15-27	300-500	0-3000	Profundos y ligeros, con textura franco-arcillosa y franco arenosa	50-270 días



El cultivo de granos básicos, especialmente de maíz y de frijol, suele ser estacionario y está adaptado a las épocas climáticas (ver figura 8): la primera temporada de producción de granos básicos se lleva a cabo cuando inicia la temporada de lluvias, para finalizar con la cosecha en el mes de septiembre²⁸. Para el caso del frijol, que presenta hasta 3 épocas de siembra en los países centroamericanos, la “postrera” se da a partir de agosto, pudiendo extenderse dependiendo del país y la región, y el “apante” se realiza en el mes de diciembre. La postrera es la época en la que se siembran más extensiones y se obtiene mayor producción¹³. El cambio en los patrones de lluvias afecta en gran medida el éxito y la posibilidad de sembrar en las tres épocas, especialmente si no hay planificación.

Granos Básicos

CENTA: recomendaciones para maíz, frijol, sorgo y arroz. En revista Cosecha 2013

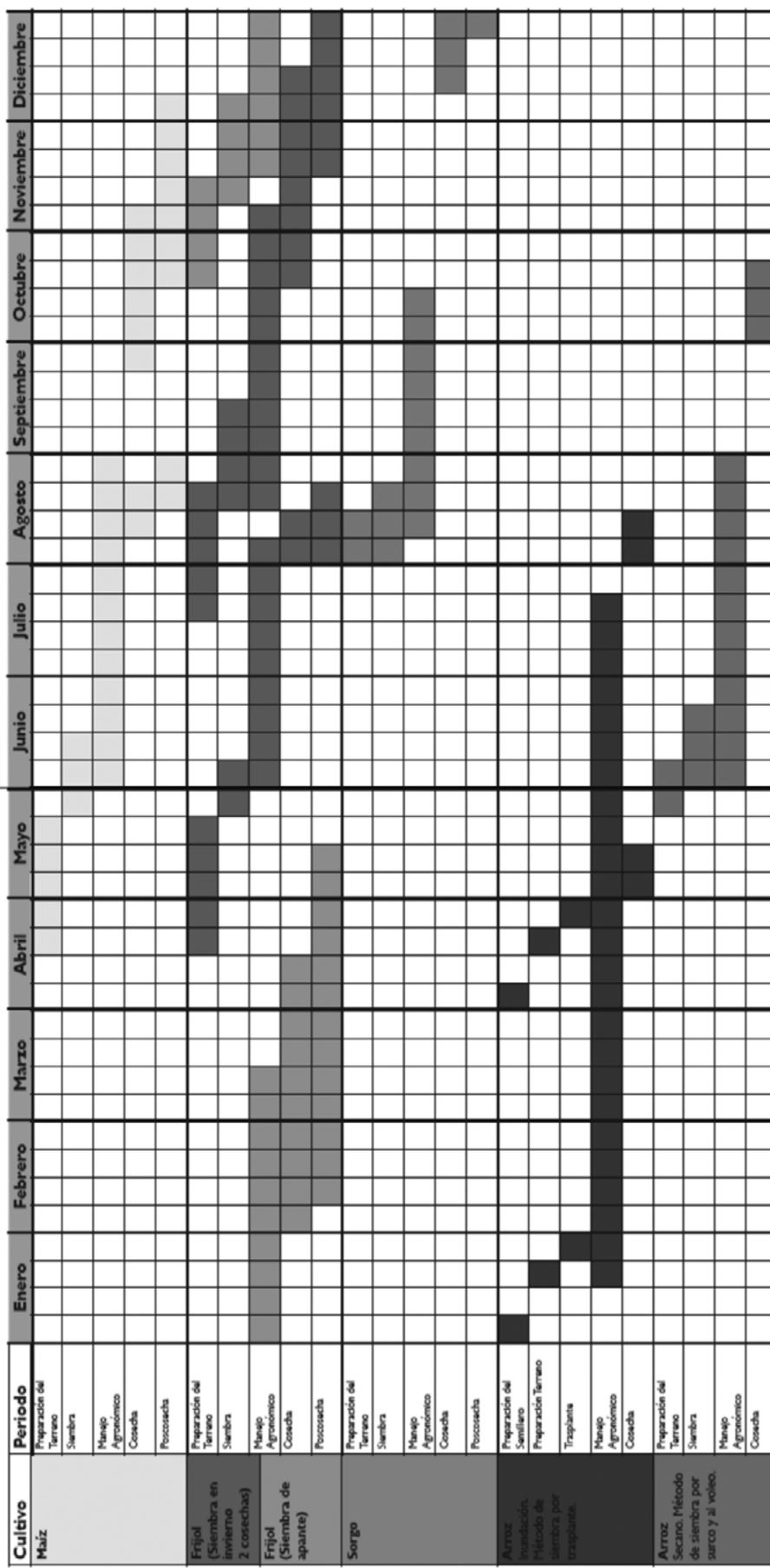


Figura 8 Calendario agrícola y recomendaciones para maíz, frijol y sorgo en Centroamérica, en base a [11]. Las recomendaciones, ciclos y fechas varían entre lugares debido al clima local.

b) Impactos y efectos del cambio sobre la producción de granos básicos

Debido a la fuerte relación entre los ciclos productivos y las épocas climáticas, la producción de granos básicos es altamente sensible a los cambios en las condiciones climáticas, especialmente para los productores de subsistencia, dependientes de la lluvia. Factores como la lluvia y la temperatura son determinantes en el rendimiento del maíz y del frijol en Centro América. Los cambios en estacionalidad, intensidad, frecuencia y duración de los eventos climáticos y las condiciones ambientales podría ocasionar pérdidas importantes en la producción de granos básicos². Entre los principales efectos del cambio climático sobre el ciclo productivo de los granos básicos se encuentran:

- Pérdida de eficiencia, producción prematura y disminución del rendimiento con temperaturas superiores a los 30-34°C^{2,57}, especialmente en frijol.
- Incremento de la afección de enfermedades y estrés húmedo durante la floración, polinización y fructificación (particularmente en maíz y frijol), a causa de los eventos hidrometeorológicos extremos como tormentas tropicales o huracanes²⁴.
- Aceleración de la evapotranspiración que provoca estrés hídrico por sequía en los granos básicos, a consecuencia del aumento de temperatura en conjunto con los cambios en precipitación total estacional².

El maíz es susceptible a la falta de agua en varias de sus etapas⁶:

- Si la germinación e inicio del crecimiento vegetativo coincide con un déficit de precipitación que dure más de 3 semanas o con un evento de inundación combinado con altas temperaturas (que afecte la respiración de las raíces y la evapotranspiración de las plantas), existirá una alta mortalidad de plantas.
- Si durante la madurez de la flor se da un periodo de 12 a 16 días sin lluvia, el rendimiento de la polinización puede reducirse, afectando la fructificación hasta en un 90%.
- Si la canícula se prolonga más de 40 días en la etapa de llenado del grano, puede haber pérdidas parciales o totales de la cosecha.
- En general, con el calentamiento de 1°C a 2°C en el clima local de los países tropicales disminuirá el rendimiento⁵⁷.

En el caso del cultivo de frijol:

- Si la disponibilidad de agua en el suelo es menor del 40% de su capacidad durante la etapa de crecimiento vegetativo, se afectará severamente el desarrollo de las plantas^{6,20}.
- Si las temperaturas alcanzan los 35°C en las etapas de floración y llenado de vainas, podría darse esterilidad de las flores y daños irreversibles a la cosecha⁶.



c) Plagas en granos básicos relacionadas al cambio climático

Los cambios de temperatura y precipitación pueden incrementar la incidencia de algunas plagas y enfermedades en los cultivos de granos básicos al alterar los ciclos biológicos de los insectos y de las enfermedades, así como el de sus depredadores naturales⁵⁷:

- **Maíz:** el incremento de la temperatura promedio de 17 °C a 22 °C y una humedad relativa mayor al 75% incrementa la incidencia de la mancha de asfalto (*Phyllacora maydis*) afectando el desarrollo foliar del cultivo³². El incremento de la temperatura promedio por encima de 30 °C y la reducción de la humedad relativa propicia la aparición de gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*) el cual ocasiona daños serios a las hojas tiernas y a los cogollos de las plantas de maíz³¹.

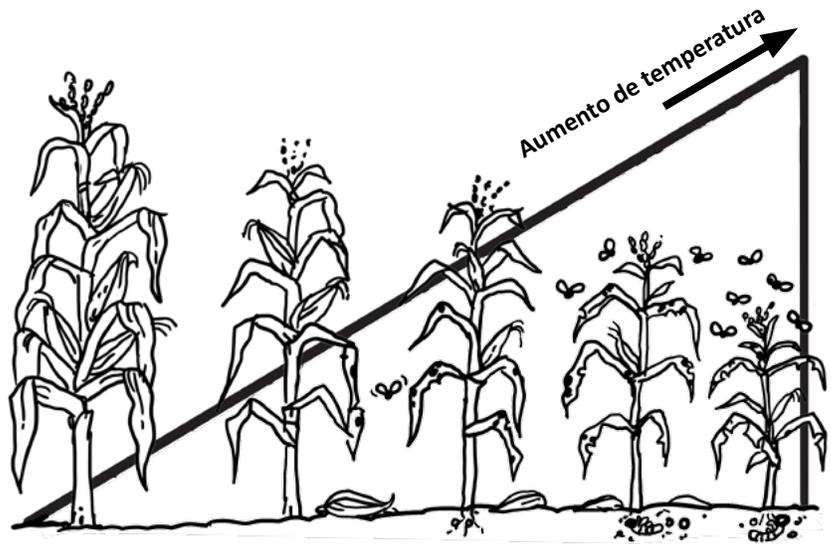


Figura 9 El incremento de temperatura media afectará de distintas formas a los cultivos de maíz

- **Frijol:** al registrarse temperaturas que oscilan entre los 16 °C a 28 °C combinadas con una humedad relativa de 85%, incrementa la aparición de enfermedades como el virus del mosaico común del frijol (VMCF) y la bacteriosis común (*Xanthomonas campestris*) o la mancha angular (*Phaeoisariopsis griseola*) que afectan drásticamente el follaje de los cultivos. Los períodos prolongados de lluvia y alta humedad relativa incrementan la incidencia de plagas como el picudo de la vaina del frijol (*Apion godmani*) que ataca en etapa de floración y formación de vainas, y la babosa (*Sarasinula plebeya*) que daña a las plántulas²².

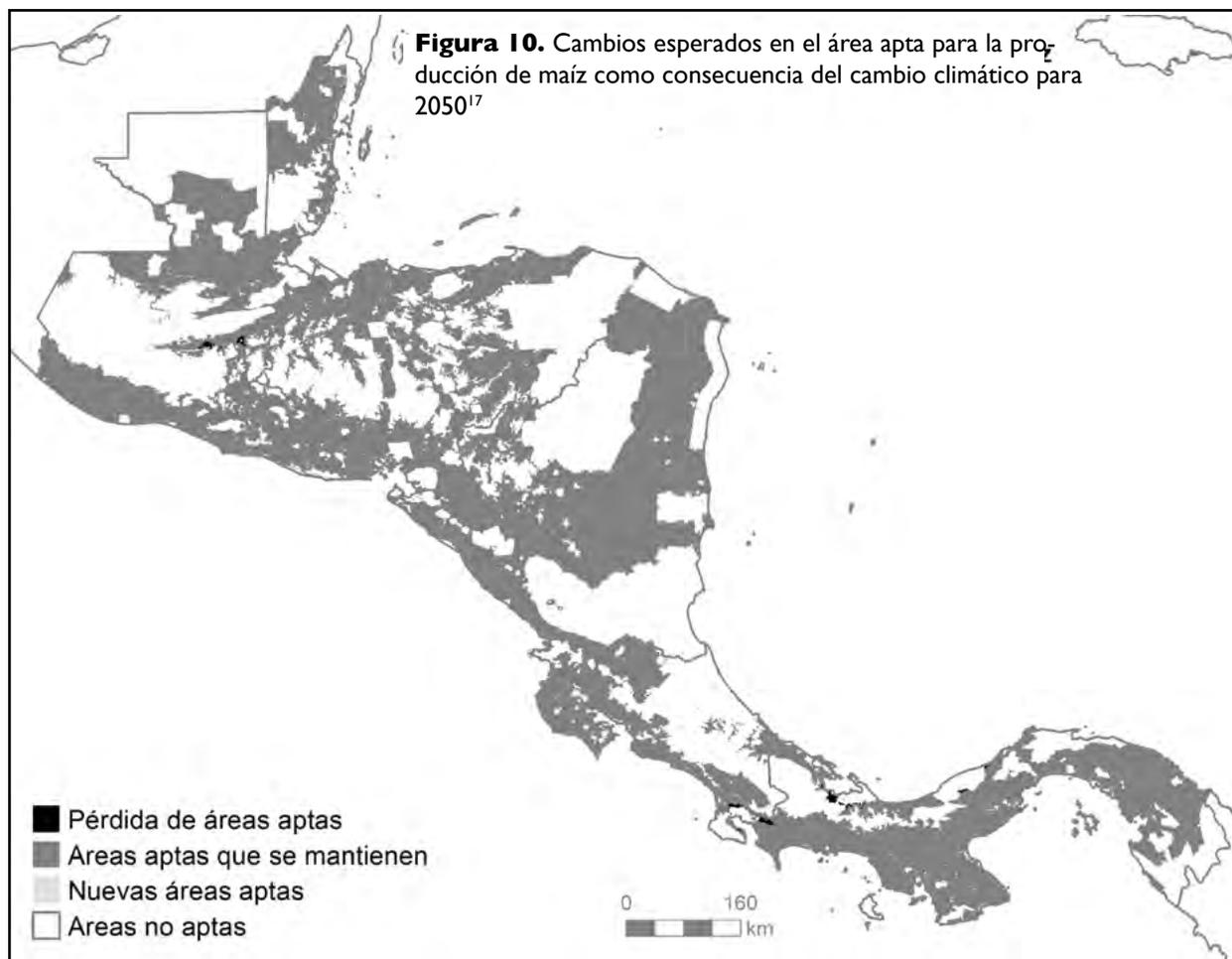


d) Aptitud del cultivo de granos básicos: estimación de cambios de aptitud y área apta

Al igual que en el caso del café, los cambios del clima afectarán la distribución de las áreas aptas para el cultivo de granos básicos en la región, y el rendimiento de las mismas. Las consecuencias esperadas del calentamiento y variabilidad de las lluvias son:

d.1. Maíz: áreas aptas

Se espera que el área apta para la producción de maíz se reduzca muy ligeramente en Centro América durante los próximos 35 años. Sin embargo, en algunas áreas de Costa Rica y Guatemala podría mejorar la aptitud de las tierras para el cultivo de maíz para 2050¹⁹.

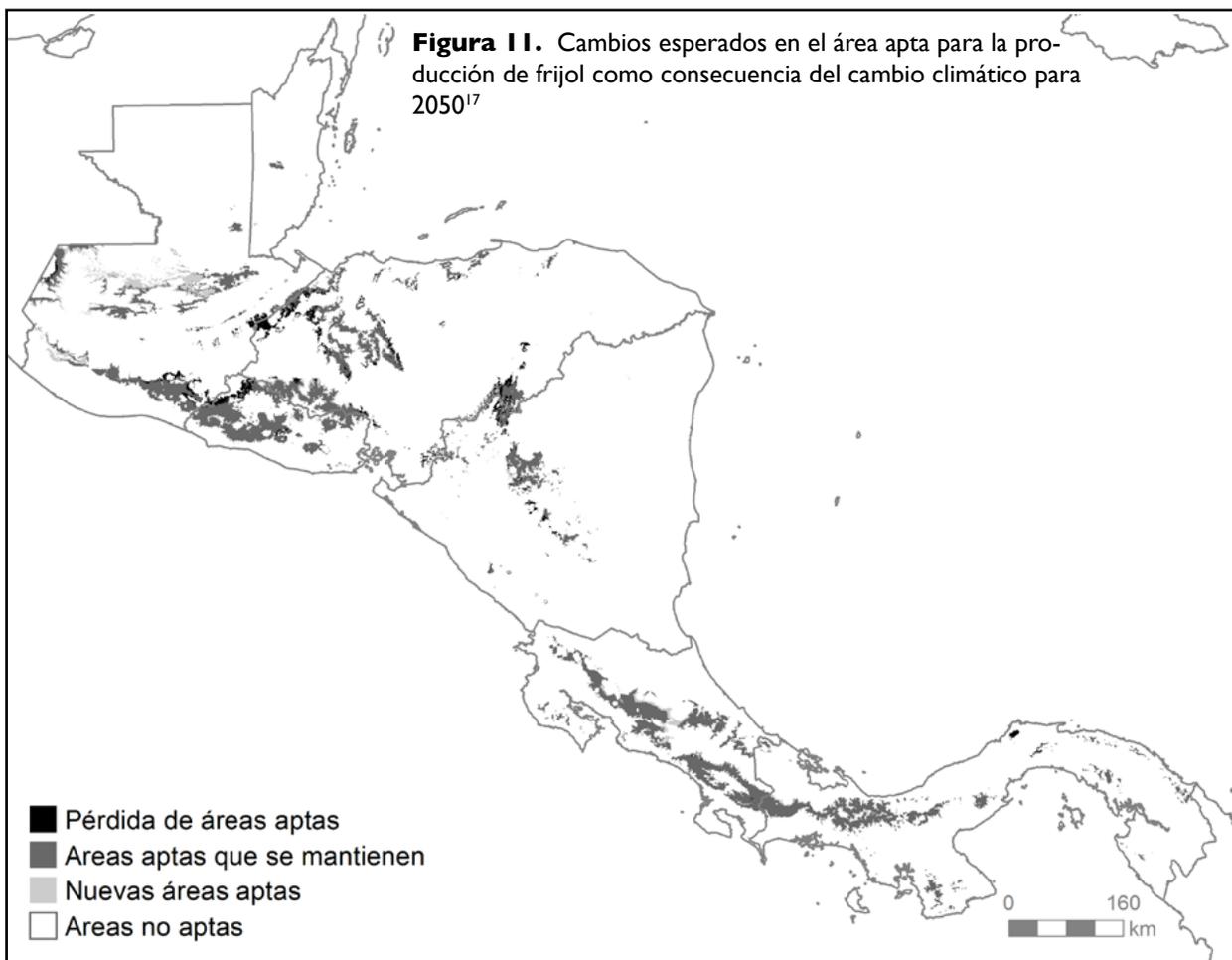


d.2. Frijol: áreas aptas

Se espera que el área apta para la producción de frijol se reduzca en toda la región para el año 2050¹⁹. Los modelos muestran que las áreas aptas con excelente aptitud en las condiciones actuales van a disminuir en 14%, principalmente en Panamá (41%), Costa Rica (21%) y El Salvador (20%) (ver fig. 11). No se prevé que haya nuevas áreas con aptitud excelente en los países de Centro América¹⁹.

e) Cambios en la productividad y rendimientos

Bajo el escenario más pesimista de cambio climático (A2), se espera que para finales de este siglo se reduzca el área cultivada con maíz en un 35% en centroamérica. Además, el 62% de las zonas que cultivan maíz en la región tendrán rendimientos por debajo de 1.5 T/ha¹³.



Bajo este mismo escenario, la producción de frijol disminuirá en un 43%, y el 61% de los departamentos o cantones de la región tendrán rendimientos inferiores a 0.55 T/ha. Panamá podría presentar la mayor reducción del rendimiento en ambos cultivos. El arroz sería el cultivo más afectado con una reducción en producción regional del 50%, donde Nicaragua y Belice serían los países más afectados¹³.

Si bien los modelos indican que estos cambios se harán efectivos en los próximos años, el alcance de los impactos dependerá de cómo los productores manejen sus cultivos y de la implementación (o no) de estrategias que reduzcan los impactos y permitan que las fincas se recuperen.

4. Estrategias frente al cambio climático en agricultura: acciones de mitigación

Hemos visto que la agricultura está siendo afectada por el cambio climático, y se espera que los impactos del cambio climático se incrementen en las próximas décadas. El sector agrícola contribuye en gran parte al cambio climático como emisor de gases de efecto invernadero (GEI). Sin embargo, hay estrategias de mitigación y buenas prácticas agrícolas que contribuyen a reducir la cantidad de gases emitida por el sector agrícola, y también acciones que contribuyen a retener los gases que ya se han emitido, reduciendo el efecto de estos en la atmósfera.

4.1. Contribución de la agricultura al cambio climático

La agricultura contribuye a la emisión de gases de efecto invernadero (GEI) asociados al uso de combustibles y agroquímicos, e indirectamente como agente de cambios en el uso del suelo (ver tabla 5). Se estima que un cuarto de las emisiones de GEI emitidos anualmente a nivel mundial provienen de sector agropecuario³⁷.

En los países de la región, la agricultura también es uno de los principales contribuyentes a la emisión de GEI. En Guatemala, la agricultura genera el 46% del total de los GEI emitidos en el país⁴⁵; en Honduras, el sector agrícola emite el 29% del total de las emisiones a nivel nacional⁶³; y en Costa Rica, el sector agropecuario genera el 37% del total de emisiones del país, de los cuales el 25% provienen del sector cafetalero, lo que representa el 9% a nivel de país⁴⁷. Estas cifras superan el promedio mundial de emisiones del sector, ya que las economías de la región son predominantemente agrícolas.

Tabla 5.

Principales fuentes de emisiones de distintos sistemas productivos

Caficultura tradicional ¹¹	Caficultura orgánica ¹¹	Granos básicos tradicional ⁶³
Insumos químicos, incluyendo pesticidas y fertilizantes nitrogenados	Producción y uso de compost	Insumos químicos, incluyendo pesticidas y fertilizantes nitrogenados
Combustibles fósiles para maquinaria	Procesamiento y fermentación de la broza	Maquinaria agrícola para arado y cosecha
Tratamiento de desechos, fermentación de broza y aguas residuales (CH ₄)	Secado y transporte	Transporte de productos; Quemadas y cambio de uso del suelo

Existen múltiples fuentes de emisiones de GEI en la producción agropecuaria. Por un lado, los fertilizantes nitrogenados producen la liberación de gases como el óxido nitroso y el amoníaco, así como fugas de nitrato⁶⁵. El uso de pesticidas convencionales, tales como herbicidas, insecticidas y fungicidas, emiten gran cantidad de GEI, especialmente CO₂, asociados a los procesos de producción, empaque y transporte⁴⁰.

Por otra parte la producción de granos básicos, especialmente el cultivo de maíz, está asociada a la deforestación por cambio del uso del suelo de bosque a cultivos agrícolas. Además, en algunas zonas de la región centroamericana es muy común realizar quemadas agrícolas para la habilitación de áreas de cultivo, lo cual emite una gran cantidad de GEI a la atmósfera²⁵. Tanto la deforestación como la degradación de bosques y las quemadas resultan en la emisión de grandes cantidades de GEI, que se suman a las emisiones

por el uso de combustibles y maquinaria para las actividades agropecuarias: preparación de terreno, el transporte a mercados y el procesamiento de los productos agropecuarios. Se estima que en Centroamérica se emitieron un total de 500 Gt de CO_2 eq debido a la conversión de bosques durante el período 2010-2015 y que las emisiones por quemas agrícolas ascendieron a 8.5 Gt de CO_2 eq en el período 2010-2014²⁷.

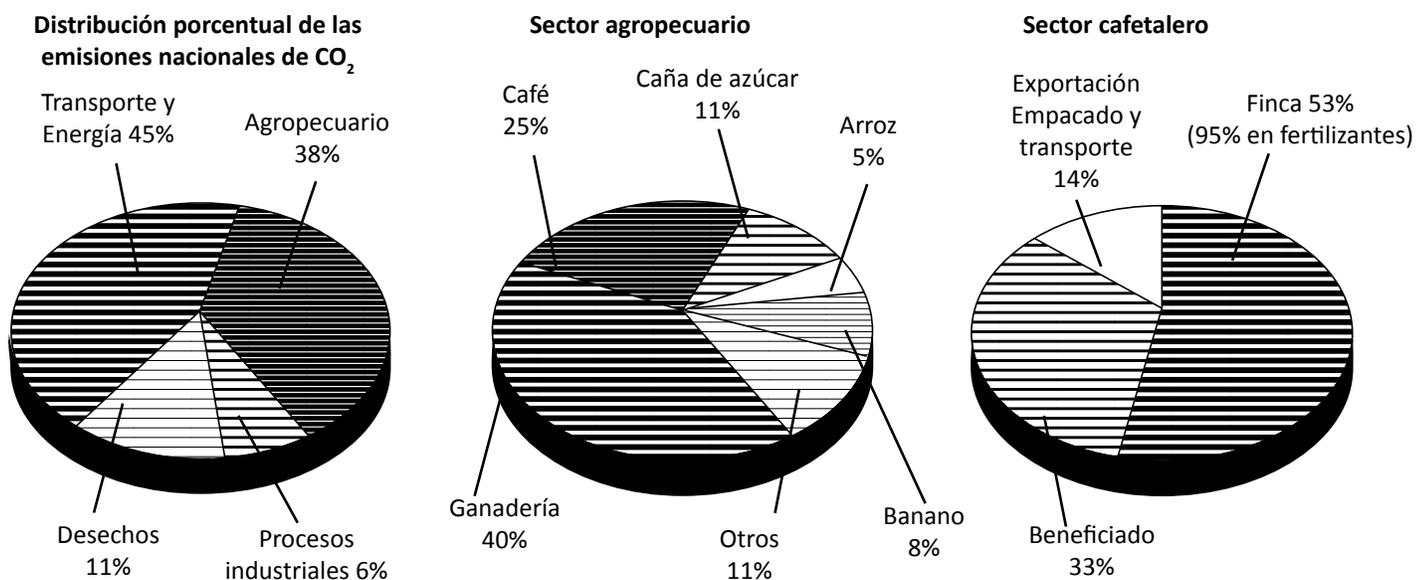


Gráfico 1. Porcentaje de emisiones por sector y cultivo, y potencial de mitigación de carbono de la caficultura costarricense. Adaptado de Chacón Araya et al.¹⁵

4.2. Actividades de mitigación en la finca

Si bien la agricultura es uno de los sectores que más GEI emite a nivel regional, también es uno de los sectores con más **potencial** para reducir las emisiones de estos gases. Existen dos formas principales mediante las cuales el sector agrícola puede contribuir a la mitigación del cambio climático, (a) reducción de los GEI emitidos por la producción agrícola y actividades asociadas (deforestación, degradación de bosques, etc.) mediante la implementación de prácticas menos contaminantes, el uso de insumos de forma más eficiente y evitando la expansión agrícola en áreas forestadas, y (b) incrementando la absorción y secuestro de carbono en el suelo y la **biomasa** por medio de buenas prácticas.

Las opciones de mitigación del cambio climático incluyen³⁰:

a. Reducción de las emisiones:

- Mejorar la eficiencia en el uso de los fertilizantes y otros agroquímicos a través del cálculo preciso de las necesidades de los cultivos (y el seguimiento de las recomendaciones técnicas);
- Utilizar fertilizantes de liberación lenta;
- Mejorar las técnicas de aplicación de fertilizante para evitar volatilidad o lixiviación de los nutrientes;
- Planificar la aplicación de fertilizante en base a la predicción del tiempo, para incrementar su efectividad;
- Implementar prácticas de conservación de suelos para reducir pérdidas de suelo por erosión;
- Promover la labranza mínima o labranza cero del suelo, para reducir los procesos de oxidación y liberación de CO_2 , así como las emisiones directas de la maquinaria;
- Utilizar biodigestores para gestión de residuos y generación de energía limpia;



El buen manejo de los insumos sintéticos no es solamente una cuestión de seguridad, también nos permite ahorrar costos y reducir emisiones de CO₂.

- Manejar los residuos de cosecha como **mulch** protector (cobertura muerta) o como biomasa en la producción de energía limpia;
- Utilizar insumos locales para reducir la **huella de carbono**;
- Promover el uso de abonos orgánicos y reducir el uso de fertilizantes sintéticos;
- Reducir el uso de maquinaria y combustibles fósiles;

- Mejorar el manejo de humedales, incluido el cultivo de arroz en zonas inundadas;
- Reducir la frecuencia o extensión de las quemas.
- Reducir la expansión de la agricultura en áreas de bosque; evitar prácticas de corta y quema;
- Evitar productos que requieren de un alto coste energético para su fabricación, como los agroquímicos.

b. Captura o secuestro de carbono

- Establecer sistemas agroforestales o silvopastoriles
- Conservar áreas de bosque natural y bosques riparios dentro de la finca
- Establecer plantaciones forestales;
- Restaurar las tierras degradadas existentes;
- Practicar la rotación de cultivos y cultivos intercalados;
- Incorporar los restos de cosecha al suelo para incrementar la materia orgánica y fijar carbono en el suelo;
- Establecer cultivos de leguminosas para fijar nitrógeno y reducir el uso de fertilizantes;
- Uso de prácticas de agricultura de conservación (mantenimiento de cobertura, uso de rotaciones, cultivos intercalados, mínima alteración del suelo, etc.);
- Incremento del uso de barbecho y descanso de la tierra.



Además de contribuir a mitigar los gases de efecto invernadero, las tierras en barbecho contribuyen a la incorporación de nutrientes y la mejora de la estructura del suelo.



Sabía usted que...

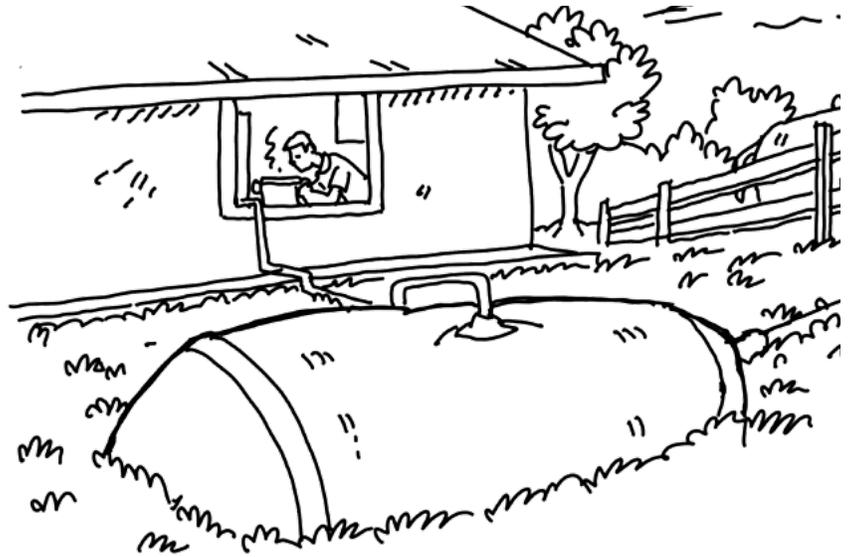
Estas prácticas tienen gran potencial en la reducción de emisiones en la región. Algunas de ellas ya se están implementando, reduciendo los GEI emitidos en la región²³:

- El uso de fertilizantes de liberación lenta en café permite reducir 200 kg de CO₂ eq/ha en Costa Rica.
- El uso de Sistemas Agroforestales (SAF) en cacao puede mitigar hasta 40Kg de CO₂ eq por kilo de cacao seco producido, según experiencias en Nicaragua.
- Realizar la cosecha de caña en verde (sin quemar) evita la emisión de 89 t CO₂ eq/ha, y utilizar los residuos de caña (bagazo) como fuente de energía interna evita en torno a 700 Gt CO₂ eq en la industria azucarera Guatemalteca.

Acciones nacionales de mitigación:

Los gobiernos locales pueden promover acciones de mitigación en la agricultura, a través de programas de expansión agroforestal y reforestación, promoción de agricultura sostenible y orgánica, incentivos al uso sostenible de agroquímicos, promoción de mercados para productos provenientes de sistemas con bajas emisiones, y sistemas de pago por servicios ambientales (PSA), entre otros³⁰.

Un ejemplo concreto de medidas de mitigación a nivel gubernamental es el caso de la implementación de las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMA, por sus siglas en inglés) para el sector cafetalero de Costa Rica. El NAMA-café está impulsado por el gobierno y diversas organizaciones (ICAFÉ entre otras), con el objetivo de producir un café sostenible y bajo en emisiones. Para ello, el NAMA promueve acciones de acciones de reducción de las emisiones y fomenta el uso eficiente de fertilizantes nitrogenados, uso y tratamiento eficiente del agua y la energía en el procesamiento del café, y promueve el uso de sistemas agroforestales para la captura y retención de carbono⁴⁷.



El gas generado en un biodigestor a partir de materia orgánica (broza, boñiga u otras) puede utilizarse como fuente de energía en el hogar o la industria.

Un ejemplo exitoso de mitigación en granos básicos, es el trabajo de la empresa costarricense productora de arroz Grupo Pelón. Como parte del proceso industrialización del arroz, esta empresa generaba altas cantidades de cascarilla, cuya quema a cielo abierto era problema ambiental. Con el objetivo de ser autosuficientes energéticamente y reducir sus emisiones de GEI, Pelón decidió convertir la cascarilla de arroz en energía calórica mediante calderas, con las que produce electricidad para sus procesos agrícolas, industriales y comerciales. Desde el 2008, Grupo Pelón posee una planta de generación de energía eléctrica que funciona a base de cascarilla de arroz, única en Centroamérica, que les permitió obtener la certificación en todos los procesos y la marca Carbono Neutral en 2014²³.

4.3. Costo de no mitigar y contrapartida de las acciones de mitigación

Costo de no mitigar

Mitigar tiene un costo, que puede ser significativo para el productor, como invertir en tecnología de bajas emisiones, o menor, como incorporar residuos de corta al suelo. No mitigar también tiene un costo, que es equivalente a las pérdidas ocasionadas por el calentamiento global debido a la emisión de GEI. A nivel global se estima que 3°C de calentamiento global generarán una pérdida de 1.3% en el Producto Interno Bruto (PIB) a nivel mundial⁶⁷, si bien el reparto entre regiones no es equivalente. Se ha estimado que una tonelada de dióxido de carbono que no se logre mitigar en el presente causará daños de alrededor de 37 dólares en el futuro⁵⁹.

Costo de algunas acciones de mitigación

Los costos de mitigación en la agricultura dependerán en gran medida del **potencial de mitigación** de la actividad agrícola y el costo asociado a cada actividad de mitigación. Entre las actividades que son más **costo-efectivas** en la agricultura se encuentran³⁷:

- Gestión de nutrientes, cultivos, desechos y agua;
- Mejora de la gestión de tierras de pastoreo: manejo de la intensidad de pastoreo, aumento de la productividad, gestión de incendios e introducción de especies;
- Recuperación de tierras degradadas a través del control de la erosión, uso de enmiendas orgánicas y mejora del ciclo de nutrientes.

Co-beneficios y compensación

La mayoría de las medidas dirigidas a reducir la emisión de GEI generan otros beneficios potenciales para la productividad y la integridad ambiental de los sistemas agrícolas, que llamamos **co-beneficios**, que son adicionales a los objetivos de mitigación. Los co-beneficios están relacionados con producción agrícola más sostenible y diversificada, incremento de la biodiversidad y la conservación de los recursos, la provisión de subproductos y de procesos naturales, como la provisión de agua o aire (ver tabla 6).

Tabla 6.

Ejemplos de acciones de mitigación a llevar a cabo en la finca o en el beneficiado de café, cómo contribuyen a mitigar los GEI mediante fijación o reducción de emisiones, y algunos de los co-beneficios que aportan.

Acción de mitigación	Contribución a mitigación	Co-beneficios
Plantación de cercas vivas	Fijación de carbono en árboles	1.Productos: fruta, leña 2.Sombra, regulación de temperatura y protección contra vientos fuertes
Biodigestor para procesamiento de aguas mieles	Reducción de emisión de meta-no por fermentación de pulpa	1. Gas para energía 2. Bioles como fertilizante. 3. Evita vertidos de aguas contaminadas a los ríos.

De hecho, muchas de las medidas de mitigación son implementadas por razones distintas a la mitigación de los GEI y tienen que ver más con el objetivo de incrementar la productividad o **sostenibilidad** de los cultivos. Sin embargo, no todas las actividades producen resultados “ganar-ganar”, es decir, no siempre que se mitigan GEI se obtienen incrementos en la productividad, o viceversa. En algunas ocasiones mitigar implica la pérdida de ciertos beneficios a cambio de lograr ciertos objetivos de reducción de emisiones, lo que se le conoce como “*trade-offs*”⁶⁴. Incremento de los costos de producción o mayor gasto en mano de obra por hectárea son algunos ejemplos de trade-offs por actividades dirigidas a mitigar GEI. La tabla 7 muestra algunos ejemplos específicos de co-beneficios y trade-offs que se pueden dar con ciertas prácticas.

Tabla 7.
Posibles co-beneficios y trade-offs de algunas actividades de mitigación en la agricultura, tomado de tomado de Schroth y Ruf ⁶².

Medida	Ejemplos	Seguridad alimentaria (productividad)	Calidad del agua	Conservación del agua	calidad del suelo	calidad del aire	Biodiversidad	Conservación de energía	Valor estético y de recreación
Manejo de tierras de cultivo	Actividades agronómicas	+	+/-	+/-	+	+/-	+/-	-	+/-
	Manejo de nutrientes	-/+	+		+	+		+	
	Manejo de residuos/labranza	+	+/-	+	+		+	+	
	Manejo del agua (riego, drenaje)	+	+/-	+/-	+/-			-	
	Agroforestería	+/-	+/-	-			+	+	
	Tierras en descanso/charrales	-	+	+	+	+	+	+	+
Manejo de tierras para pastoreo/ mejoramiento de pastos/ uso de sistemas silvopastoriles	Menor intensidad de pastoreo	+/-			+		+		+
	Manejo mejorado de nutrientes	+	+/-	+	+		+	-	+/-
	Manejo mejorado del fuego	+	+/-			-	+/-		+/-
	Mejora de pastos (Introducción de especies, leguminosas, etc.)	+			+			+	
Manejo de suelos orgánicos	Evitar drenaje de /restaurar humedales				+		+	+	+
Restauración de suelos degradados	Control de la erosión, adición de enmiendas orgánicas, enmiendas de nutrientes	+	+		+		+		+
Manejo del ganado	Prácticas de alimentación mejoradas	+			+/-				
	Cambios manejo y estructurales a largo plazo y cría de animales	+							
Manejo de biosólidos/ estiércol	Mejoramiento de manejo y almacenamiento de biosólidos	+	+/-		+	+/-			
	Digestión anaeróbica					+		+	
	Uso más eficiente como fuente de nutrientes	+	+		+	+		+	

+ indica medidas de mitigación con co-beneficios positivos; - indica actividades con trade-offs o relaciones negativas; +/- indica que pueden darse relaciones positivas o negativas entre las medidas de mitigación y los factores considerados.

5. Estrategias frente al cambio climático en agricultura: acciones de adaptación

El sector agrícola también tiene un gran potencial para adaptarse a los impactos negativos del cambio climático. Sin embargo, no todas las estrategias son asequibles por todos los productores, ya sea por cuestiones económicas, de tiempo, legislativas, etc. La elección de estrategia va a depender de las opciones disponibles a escala local, de la situación de tenencia de la tierra, de las facilidades que pueda aportar el gobierno, de la información disponible e interés que tenga cada productor y de los costos económicos de implementar medidas adecuadas de adaptación (por ejemplo, la reducción de ganancias y el costo adicional de implementar un cambio de variedades, hasta que estas comienzan a producir)⁹.

Las estrategias o planes de adaptación deben realizarse con dimensión local, en función del contexto social, económico y ecológico, los cambios esperados y los recursos disponibles, pensando en resultados a largo plazo. La adaptación es un proceso continuo que considera los impactos actuales y futuros del cambio climático, sean progresivos o abruptos³⁴. La figura 12 muestra el proceso de adaptación, y algunos factores determinantes.

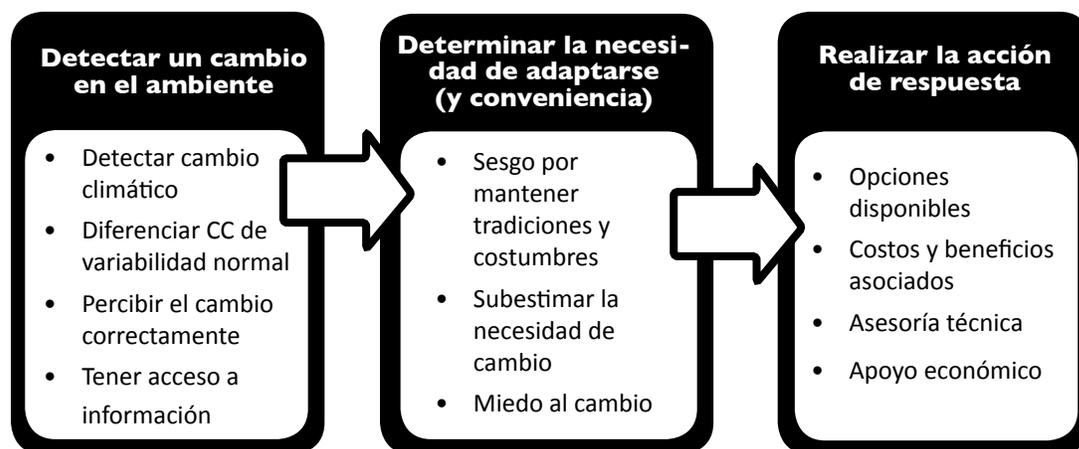


Figura 12. Pasos del proceso de decisión de adaptarse, y factores determinantes o condicionantes que se dan en cada fase. Elaborado por los autores en base a las dificultades de la adaptación al cambio climático encontradas por Burke y Lobell⁹.

Cuadro 2.1. La adaptación al cambio climático de los pequeños productores centroamericanos

Para conocer cómo están percibiendo el cambio climático los pequeños productores centroamericanos y saber si están tratando de adaptarse, se realizó una encuesta a hogares paisajes agrícolas de Guatemala, Honduras y Costa Rica en el marco del Proyecto CASCADA.

A cada productor se le hicieron preguntas sobre sus cultivos, los cambios del clima en su región, su familia y los cambios que están implementando en sus fincas.

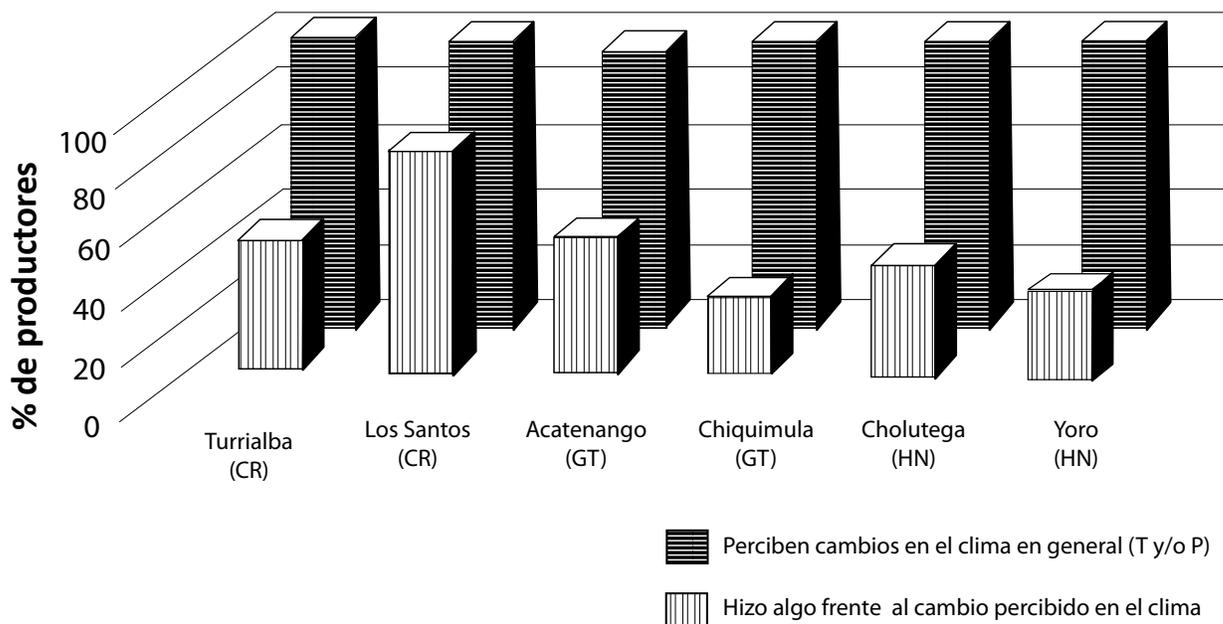


Gráfico 2. Porcentaje de productores que perciben cambios en el clima de su comunidad en la última década, bien sea en temperatura (T) o en lluvias (P), y porcentaje de esos productores que hacen cambios en el manejo de sus fincas en respuesta al cambio del clima observado. Datos de CASCADA

En el gráfico se aprecia que casi todos los productores están sintiendo el cambio del clima en su comunidad. Sin embargo, menos de la mitad está implementando acciones para adaptarse a estos cambios, especialmente aquellos que tienen café. En algunos paisajes como Los Santos en Costa Rica o Acatenango en Guatemala se dan más respuestas adaptativas mientras que en otros como Chiquimula en Guatemala o Yoro en Honduras apenas 3 de cada 10 productores están cambiando el manejo en su finca para adaptarse a los cambios observados en el clima.

Los productores de café tienden a plantar árboles dentro de la finca y a utilizar más agroquímicos para tratar de adaptarse a los cambios del clima. Por el contrario, los productores de granos básicos optan por diversificar su finca y por implementar prácticas de manejo y conservación de suelo en respuesta a los cambios del clima percibidos.

Estos datos indican que los productores están sintiendo el cambio en el clima y los impactos de este sobre sus cultivos, pero que en la mayoría de los casos, los productores no están implementando acciones para reducir o evitar los impactos. Esto se debe a barreras de conocimiento, asistencia técnica, acceso a crédito y otras que impiden que la adaptación de los cultivos sea más implementada en la región. Como técnicos, debemos valorar si esas respuestas o acciones que están implementando los productores para adaptarse son las adecuadas o no, y cómo es podemos ayudar a los productores a estar informados, a seleccionar las mejores prácticas y a implementarlas para que estén mejor preparados ante el cambio climático. No debemos olvidarnos de los saberes ancestrales y el conocimiento local que poseen los productores, debemos integrarlos junto con la información disponible en la actualidad (climática y otras), y las recomendaciones para la adaptación, elaborando planes y medidas de adaptación viables para cada caso. Veremos más sobre esto en los próximos módulos.

5.1. Formas y estrategias de adaptación

Las soluciones de adaptación a los efectos del cambio climático pueden tomar muchas formas, dependiendo de cada contexto y los impactos específicos que afrontar⁶⁹. A continuación veremos formas de adaptación según cómo se dé el proceso de cambio, y distintas categorías de adaptación según el rango de acción y recursos necesarios.

Formas de adaptación:

La adaptación puede darse de forma autónoma, como se da naturalmente en los ecosistemas, de forma preventiva o de forma reactiva, como suelen hacerlo las personas^{9,43}. Típicamente los productores agrícolas utilizan ambos tipos de respuesta:

- a) Adaptación preventiva.** Acciones proactivas y planificadas para reducir el daño a largo plazo; la acción se realiza antes del impacto climático, en previsión de que este ocurrirá. Requiere procesos de toma de decisiones, evaluación y manejo de riesgos para mejorar efectividad.
- b) Adaptación reactiva:** Acciones en respuesta a impactos, realizadas con el fin de recuperar la estabilidad previa al impacto; buscan reducir pérdidas de cultivos o bienestar.

Tabla 8.

Ejemplos de estrategias de adaptación preventiva y reactiva al cambio climático utilizadas en fincas agrícolas.

Adaptación preventiva	Adaptación reactiva
<ul style="list-style-type: none"> - Diversificación de cultivos, actividades, lugares de cultivo y fuentes de ingreso para minimizar los riesgos y pérdidas. - Cambio de variedades por otras más tolerantes o resistentes a sequía, plagas, altas temperaturas, etc. - Modificación del calendario agrícola (cultivos anuales) para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas - Asegurar cosechas (seguros agrícolas) 	<ul style="list-style-type: none"> - Uso de reservas económicas y reducción del gasto del hogar. - Solicitud de préstamo (formal o informal) y uso de redes de apoyo. - Venta de bienes (ganado, tierras, etc.) - Migración, trabajo fuera de la finca, etc. - Cambios de manejo una vez comenzada el ciclo de cosecha (replantar variedades de rápida maduración o regar cultivos) - Solicitud de ayuda a instituciones. - Organización social.



Los grupos indígenas y campesinos centroamericanos poseen una amplia diversidad de variedades de maíz, adaptadas a distintas zonas ecológicas.



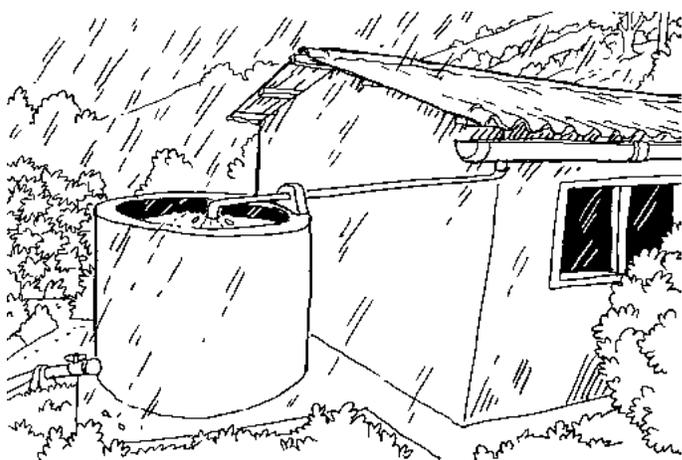
Muchas familias optan por la migración y el envío de remesas para mejorar sus medios de vida.

Como ven en la tabla 8, las estrategias pueden desarrollarse a distintos niveles: hogar, finca, comunidad, municipal, nacional, regional y global. A nivel agrícola una buena parte de ellas se desarrollan en la finca, y otras fuera de la finca, como la migración (y las correspondientes remesas), la venta de bienes, los préstamos, **redes de apoyo** o la ayuda gubernamental ante desastres. Todas ellas permiten a la familia tener medios para reaccionar frente a impactos. La implementación de estrategias preventivas reduce la necesidad de estrategias reactivas, que son las que los productores utilizan cuando ya han sido afectados. Las medidas preventivas en agricultura implican enfrentarse a trade-offs entre rendimiento y **resiliencia**²⁴. Veremos en detalle algunas estrategias de adaptación preventiva en el módulo 4 .

Categorías de adaptación

Existen múltiples opciones de adaptación. En este caso, están agrupadas en 3 categorías en función del tipo de adaptación, recursos necesarios para llevarla a cabo y actores involucrados en el proceso⁵¹:

- **Estructurales y físicas:** son aquellas acciones concretas y con resultados definidos, que utilizan recursos (naturales o artificiales) para proteger los cultivos o reducir los impactos climáticos. Algunas de estas opciones tienen costos elevados, duración limitada y pueden no ser idóneas para todo tipo de impacto.
 - Tecnológicas: variedades mejoradas (animales y cultivos), riego eficiente, cosecha de agua, sistemas de alerta temprana, etc.
 - Ingenieriles: estructuras de protección frente a viento o inundación, mejora del drenaje, tratamiento de aguas, canalizaciones, energías renovables, etc.
 - Adaptación basada en Ecosistemas: conservación y restauración de bosques y humedales, incremento de la biodiversidad, reforestación, corredores ecológicos, etc.
 - Servicios: redes sociales de apoyo y protección, bancos de alimento, servicios de saneamiento, salud y médicos, etc.



La cosecha de agua no requiere grandes infraestructuras en la mayoría de los casos.



Los técnicos extensionistas promueven la adaptación del tipo social mediante la transferencia de conocimientos

• Sociales

- Educación: capacitación y extensionismo, equidad de género, conocimiento local y cultural, conocimiento del riesgo y las oportunidades, etc.
- Información: Información climática actualizada y local, sistemas de alerta y respuesta temprana, planes comunitarios, predicciones e interpretación, etc.
- Comportamiento: migración (y remesas), trabajo fuera de la finca, cambios en el manejo de los cultivos, diversificación, confianza en las redes sociales, etc.

- **Institucionales**

- Económicas: Incentivos, tasas y subsidios para promover la adaptación, seguros y seguros de cosechas, pago por servicios ambientales, transferencias y microcréditos, etc.
- Leyes y regulación: apoyo en reducción de desastres naturales y medidas tras desastres naturales, definición de derechos de tenencia de tierra, definición de áreas protegidas (marinas y terrestres), transferencias tecnológicas, etc.
- Políticas y programas de gobierno: planes de adaptación locales, regionales y nacionales, planificación ante desastres, manejo integral de paisajes y cuencas, manejo de recursos, etc.



Los mecanismos de incentivos promueven buenas prácticas como el mantenimiento del bosque y su aprovechamiento sostenible

5.2. Costos de la adaptación

Costo de no adaptarse (pérdidas esperadas)

Si bien la adaptación conlleva un costo (por ejemplo, equivalente a implementar determinada práctica), el beneficio esperado puede ser muy superior a este, aunque no puede eliminar por completo los costos asociados al cambio climático¹⁶. A nivel económico, es menos costoso tomar acciones adaptativas en la actualidad que esperar los costos asociados al cambio climático en las próximas décadas^{21,66}. La escasez de recursos puede convertirse en barreras a lo largo del proceso adaptativo⁴⁶, por lo que el apoyo institucional y gubernamental, las políticas públicas, la transición a economías de bajas emisiones, la regulación ambiental, educación, investigación y desarrollo y las medidas de financiación son clave en la implementación de estrategias de adaptación en la región^{16,21}.

Costo de adaptarse

Adaptarse tiene un costo^{14,37}. Este costo puede ser en forma de esfuerzo o mano de obra por implementar cambios, en forma de riesgo o **costos de oportunidad** que implica la decisión de cambiar de cultivo o variedad, el costo social porque un miembro de la familia migre en busca de trabajo, o un costo económico para realizar inversiones y prácticas de adaptación. De todas formas, adaptarse es más rentable que enfrentar los costos y consecuencias derivadas del cambio climático en las fincas y los **medios de vida**, esto es así para todos los países de la región^{29,66}.



Algunas prácticas de adaptación requieren más mano de obra que las convencionales

A nivel regional, el Banco Mundial estima que los costos totales de la adaptación del sector agrícola latinoamericano, oscilarán entre mil y 4 mil millones de dólares anuales¹⁷.

A nivel local, los costos de adaptación al cambio climático dependen del tipo de medidas a implementar, del sistema productivo y del país o región. Por ejemplo, en la región de O'Higgins, que es una zona muy árida de Chile, la implementación de medidas de adaptación como zanjas de infiltración puede tener un costo de 700 dólares por metro lineal; la implementación de "aguadas superficiales" que consisten en la excavación para coleccionar y almacenar agua de lluvia o de fuentes superficiales, puede tener un costo de 1,500 dólares por metro cúbico de aguada construida; y la implementación de la labranza cero para control de la erosión, puede tener un costo de 58 mil dólares por hectárea, que incluye los costos derivados de herbicidas, mano de obra y maquinaria⁶⁸.

Mecanismos financieros para fomentar la adaptación

La Estrategia Regional para el Cambio Climático menciona la importancia de contar con mecanismos financieros para la adaptación, especialmente en el sector agrícola¹⁰. Los fondos de donde se financian medidas de adaptación pueden venir de distintas fuentes, por ejemplo, de la redistribución de impuestos nacionales a prácticas que están dando beneficios de adaptación, como sucede con el impuesto que financia el Pago por Servicios Ambientales en Costa Rica, que veremos en el siguiente módulo.

También existen fondos internacionales que financian medidas de adaptación en países en desarrollo, como el Fondo de adaptación de las Naciones Unidas (FA). El FA asiste a los países en desarrollo particularmente vulnerables al cambio climático por medio de la financiación de proyectos y programas dirigidos a la adaptación y a aumentar la resiliencia al cambio climático¹. Costa Rica, Honduras y Guatemala accedieron a estos fondos con proyectos nacionales⁷¹. Otras instituciones como el Banco Mundial, el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y otras tienen fondos de inversión y de donación para los países con el objetivo de fomentar la adaptación⁵.

Co-beneficios y compensación

Aunque adaptarse es rentable a medio-largo plazo, los costos iniciales de algunas prácticas pueden desincentivar a los productores a implementar acciones. Por esto es importante que los productores perciban los beneficios asociados a menores costos de producción, rendimientos netos más altos, menor riesgo de producción, o alguna combinación de estos⁷. En la mayoría de circunstancias no es posible implementar medidas que solo impliquen ganar; generalmente el agricultor debe enfrentarse a una elección que implica una pérdida o un trade-off. Por ejemplo, puede enfocarse únicamente a incrementar el rendimiento apostando por un monocultivo sin invertir en medidas de adaptación, lo que también lo llevará a aumentar el riesgo de pérdida de su producción; podría también implementar alguna medida de adaptación como la diversificación de cultivos, lo cual inicialmente le podrá conllevar reducción de sus rendimientos por factores como costo de aprendizaje o menores precios de los nuevos cultivos establecidos, pero que a largo plazo le representará un menor riesgo de pérdida de toda su producción por la variabilidad climática⁷.

5.3. La estrategia de adaptación más adecuada

No hay una estrategia de adaptación más adecuada que otra, sino que para cada lugar, condición y productor habrá una estrategia que se adapte mejor a sus necesidades y oportunidades. Algunos aspectos importantes en la selección de medidas son la efectividad en reducir la vulnerabilidad, aceptación por parte de la comunidad, sostenibilidad económica y ambiental y flexibilidad.

También debemos evitar las estrategias que incrementan la vulnerabilidad frente al cambio climático en vez de reducirla⁴³, incrementan el riesgo de sufrir efectos adversos o reducen el bienestar actual o futuro⁵¹. Esto puede ocurrir al priorizar beneficios a corto plazo, olvidando las consecuencias a largo plazo, principalmente en el entorno social, el bienestar o el desarrollo familiar⁵¹. En estos casos se utiliza el término **maladaptación**.

Por ejemplo, eliminar la sombra del café puede parecer positivo ya que se incrementa la productividad y aumentan los beneficios económicos obtenidos por la cosecha. Sin embargo, frente a situaciones de sequía o vientos fuertes, el café sin sombra es más vulnerable, pudiendo llegar a perder toda la cosecha. Eliminar la sombra es una mala decisión en muchos casos.

Veremos más sobre las necesidades y opciones de adaptación en el cultivo de café y granos básicos en los módulos 3 y 4 de este manual.



Las medidas de adaptación son locales, el uso extensivo de prácticas no apropiadas puede dar lugar a maladaptación

5.4. Adaptación basada en Ecosistemas

La Adaptación basada en Ecosistemas (o AbE), que es una opción de adaptación estructural y preventiva, consiste en el uso de la biodiversidad, los recursos naturales y los servicios que estos proveen como parte de una estrategia integral de adaptación a los efectos adversos del cambio climático⁶². Consiste, en otras palabras, en la conservación, restauración y manejo sostenible de los ecosistemas para asegurar la provisión de servicios que ayudan a la gente a estar más adaptados al cambio climático. La naturaleza puede absorber o controlar los impactos del cambio climático de forma eficiente y efectiva, física y económicamente⁵¹. Además, su uso provee otros beneficios adicionales, como secuestro de carbono o mitigación⁶², seguridad alimentaria⁷⁰ y protección de la naturaleza.

AbE incluye algunas actividades tradicionales, como manejo forestal integral, uso de agroecosistemas en sistemas productivos o manejo del suelo y el agua, entre otras, en base a que, por ejemplo, los sistemas agroforestales contribuyen a mitigar el incremento de temperaturas y el impacto de eventos extremos. Algunas prácticas AbE pueden ser más difíciles de implementar y requerir apoyo institucional e intersectorial, otras se pueden poner en práctica fácilmente a nivel de finca. Veremos más sobre las opciones de adaptación los pequeños productores agrícolas en los módulos 3 y 4 de este manual.

AbE es una forma de abordar la adaptación considerando todos los componentes del ecosistema y de la comunidad. Es una estrategia de adaptación viable, rentable, que puede ser implementada con facilidad por los productores y que tiene co-beneficios sociales, económicos y ambientales, por lo que debe ser considerada como parte de cualquier estrategia de adaptación para productores.

6. Sinergias entre mitigación y adaptación en agricultura

Muchas estrategias de adaptación ayudan a mitigar el cambio climático por medio de la reducción de emisiones de GEI o contribuyendo a secuestrar carbono en suelos y biomasa. Igualmente, muchas estrategias de mitigación pueden incrementar la resiliencia de los sistemas agrícolas y reducir su vulnerabilidad al cambio climático. Ambos, adaptación y mitigación, son importantes.

La adaptación de la agricultura a las nuevas condiciones climáticas es una necesidad urgente en la región centroamericana, ya que el cambio climático está impactando la producción agropecuaria y el bienestar de las comunidades agrícolas en la actualidad, y lo hará con más intensidad en el futuro. Las actividades de mitigación también deben implementarse para reducir los impactos a futuro, si bien los esfuerzos que realicemos no van a evitar los impactos del cambio climático a corto plazo. El manejo adecuado de los sistemas agropecuarios puede contribuir a ambas metas; siempre que sea posible, los productores y técnicos deben implementar prácticas sinérgicas con ambas metas.

En general, los sistemas tradicionales con varios cultivos tienen efectos positivos como **sumideros de carbono** (mitigación), menores tasas de contaminación del agua y erosión, generan efectos positivos para el clima local y favorecen a los polinizadores y controladores de plagas (adaptación)¹². Los policultivos y la diversificación tienen además la capacidad de reducir riesgos económicos por pérdida de competitividad en el mercado, daños, baja de precios [55,61]. Hay muchas prácticas con el potencial de proveer ambos beneficios (ver tabla 9) y otras que solamente contribuyen a la adaptación o a la mitigación, a escala de cultivo, finca o paisaje (ver figura 13).

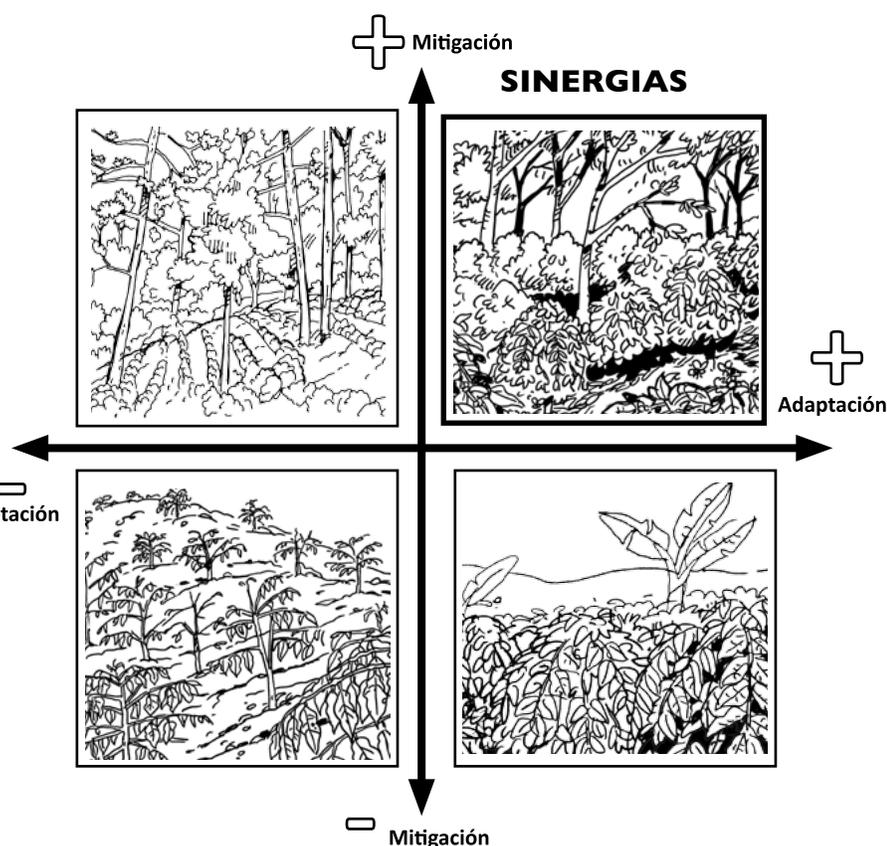


Figura 13. Ejemplo de acciones de adaptación, mitigación y sinergias para un sistema cafetalero. En rojo, cafetal a pleno sol, de mitigación y adaptación baja; en verde claro acciones que promueven la mitigación, como la incorporación de árboles maderables en el cafetal (en este caso pino) pero que no necesariamente favorecen la adaptación (arriba izq.) y al contrario acciones que promueven la adaptación como la incorporación de musáceas para sombra y fruta, que contribuyen poco a fijar carbono (abajo dcha.); en verde oscuro una acción que promueve la mitigación y la adaptación del sistema, que es el manejo de sombra diversificada en el cafetal. Adaptado por los autores en base a Harvey et al.³³.

Tabla 9.

Sinergias y compensaciones de prácticas con potencial de adaptación y mitigación al cambio climático, elaborada a partir de datos de Rahn *et al.*⁵⁸ y Harvey *et al.*³³. El símbolo ✓ indica que la práctica tiene potencial de adaptación o mitigación; ✓ en negrita muestra el potencial más alto de cada práctica (adaptación o mitigación); la X indica potencial nulo (no hay sinergia entre adaptación y mitigación). El valor potencial es orientativo, ya que varía según las especificidades de cada caso.

Escala ¹	Categoría	Práctica	Potencial de adaptación	Potencial de mitigación
Paisaje	Reforestación	Reforestación o implementación de sistemas agroforestales en áreas degradadas ²	✓	✓
		Plantación de árboles como rompevientos ²	✓	✓
	Deforestación evitada	Conservación de bosques ² y reducción de la expansión de la frontera agrícola en hábitats naturales ¹	✓	✓
		Conservación y restauración de humedales ¹	✓	✓
Finca y Cultivos	Manejo del suelo con agricultura sostenible	Uso de policultivos, cultivos intercalados y rotación de cultivo ¹	✓	✓
		Uso de fertilización adecuada ²	✓	✓
		Uso de sistemas silvopastoriles ²	✓	✓
		Diversificación de cultivos ²	✓	✓
		Incorporación de fertilizantes orgánicos, cultivos de cobertura y uso de mulch ¹	✓	✓
		Prácticas de conservación de suelos mejoradas en sistemas agroforestales de café ^{2,1}	✓	✓
Algunos ejemplos de prácticas que NO son sinérgicas				
Finca	Infraestructura contra choques climáticos	Implementación de colectores de agua para reducir el impacto de sequías ^{2,1}	✓	X
		Diseño de infraestructura para reducir el riesgo a inundaciones o deslizamientos	✓	X
	Uso de energías alternativas	Generación de biogás a partir de estiércol ¹	X	✓
	Manejo del suelo con agricultura sostenible	Uso de nuevas variedades cultivos tolerante a la sequía ^{1 y 2}	✓	X



Tome en cuenta...

Algunas prácticas favorecen más la adaptación y otras más la mitigación, sin embargo, el potencial de adaptación y mitigación de cada práctica varía en función del manejo específico, las especies utilizadas y el sistema en particular. Examine cada una de las prácticas presentadas ¿De qué otros factores cree que puede depender su potencial de adaptación y mitigación?

En el caso del café, utilizar sistemas agroforestales en la parcela, con cercas vivas para reforestar áreas degradadas es un ejemplo que resulta en una **sinergia** máxima entre adaptación y mitigación, ya que protege los granos de café de las lluvias extremas (adaptación) y actúa como sumidero de carbono (mitigación⁵⁸). Además, contribuye a la conservación del suelo y el agua, crea hábitat para las especies silvestres y genera otros productos de valor agregado como frutas o leña. En el caso del maíz o del frijol, la siembra de árboles dispersos contribuye a la mitigación por medio de la fijación de carbono en los árboles y el suelo, e incrementa la resiliencia frente al cambio climático ya que contribuyen a regular la temperatura en la parcela, contribuyen al ciclo de nutrientes y fijan el suelo, entre otros aspectos positivos.

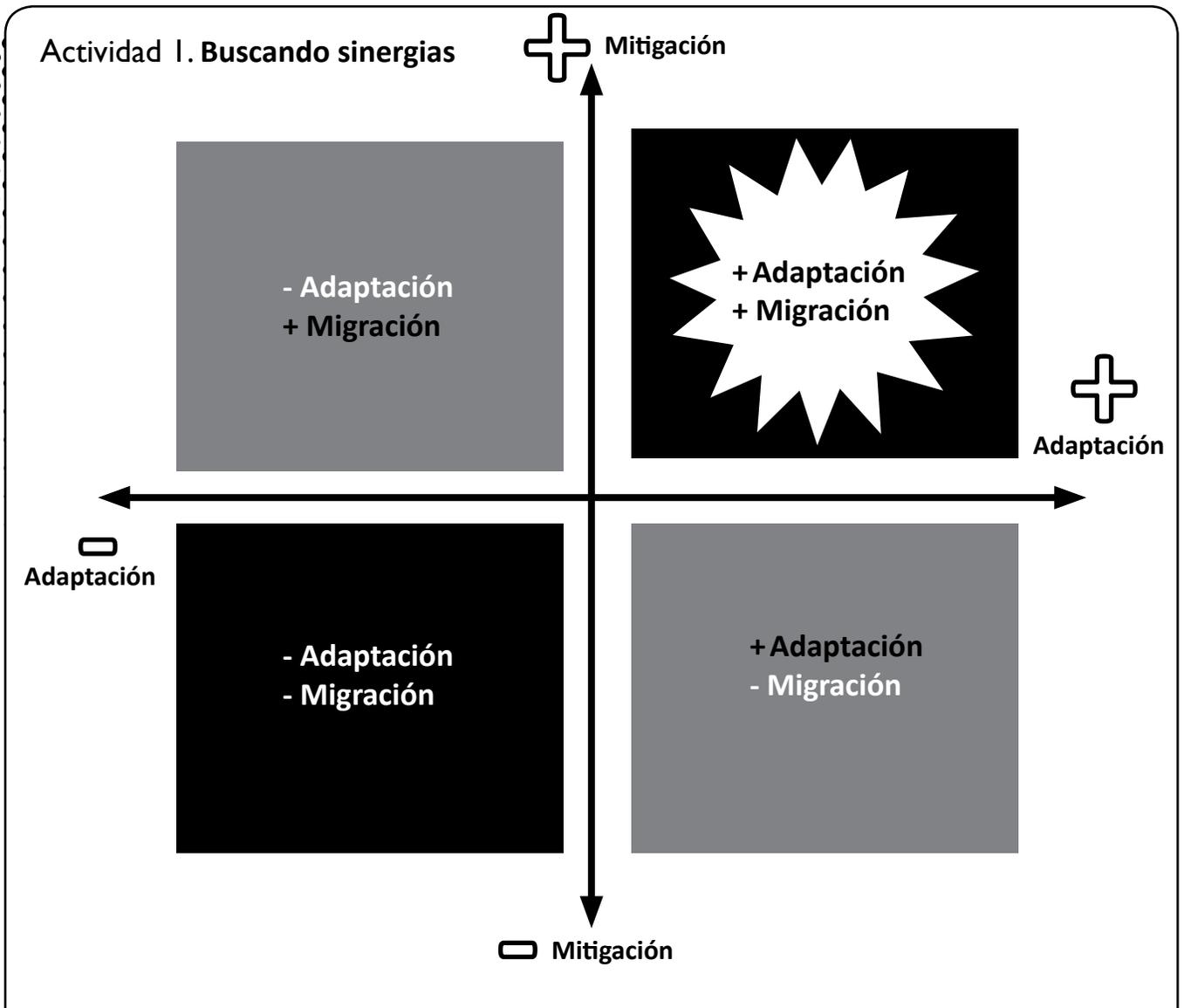


Figura 14. **Esquema de sinergias entre adaptación y mitigación.**

En base al ejemplo y a la tabla anterior, proponga para un sistema agrícola de su interés (maíz, granos básicos u otro) prácticas que calcen en cada sección del esquema de sinergias.

7. Mensajes clave.

La agricultura en la región tiene una elevada exposición al riesgo climático y será impactada fuertemente por el cambio climático, afectando los cultivos más relevantes como el café y los granos básicos, especialmente en sistemas de pequeña escala, e impactando de forma diferenciada a los distintos grupos sociales. Hay acciones que nos permiten reducir los efectos e impactos a nivel socioeconómico, ambiental y productivo. Algunas ideas clave:

- La reducción del rendimiento de los cultivos agrícolas afectará de forma generalizada en la región, esto dará lugar a situaciones de escasez e incremento de precio de los alimentos.
- El cambio del clima afectará la productividad del café, la calidad del grano, la afeción de plagas y enfermedades y la aptitud de los cultivos actuales, que en su mayoría serán menos aptos. Debemos prestar atención a las áreas que presenten conflictos de uso de suelo en el futuro.
- El rendimiento del maíz y frijol se reducirá considerablemente en los próximos años, afectando más del 60% de las áreas productivas centroamericanas.
- Existen oportunidades en el sector agrícola para mitigar el cambio climático, mediante la reducción de emisiones de GEI con buenas prácticas y reducción de la deforestación, e incrementando el secuestro de carbono en suelo y biomasa.
- Ante la escasa disponibilidad de recursos, la adaptación debe ser prioritaria en la región, con estrategias locales y focalizadas que cuenten con la participación de diferentes actores: gobierno, sector privado, universidades, la comunidad internacional, y la sociedad civil.
- Las medidas de adaptación tienen un costo inicial, pero resultan rentables a largo plazo.

Existen desafíos para el desarrollo de estrategias de adaptación exitosas³⁹, como la incertidumbre sobre el clima futuro, la necesidad de información específica para aplicar medidas locales, la necesidad de más información sobre la respuesta de las especies al cambio, los trade-offs, etc.



La información precisa y actualizada contribuye a la adaptación de las comunidades. El rol de transferencia es muy relevante en el contexto de cambio climático

8. Glosario

Agroecosistema: Es un conjunto de poblaciones de plantas, animales y microorganismos, que puede incluir poblaciones de cultivos, animales domésticos o ambos, que interactúan entre sí.

Biodiversidad: Se refiere a la amplia variedad de seres vivos que existen en la Tierra, resultado de miles de millones de años de evolución por procesos naturales y por influencia del hombre. La biodiversidad está conformada por diversos ecosistemas que contienen especies que son también diversos genéticamente que permiten distintas formas de vida.

Biomasa: Masa o volumen total de organismos vivos en una zona; a menudo se incluyen los restos de plantas que han muerto recientemente (biomasa muerta).

Co-beneficios: Efectos positivos que una política o medida destinada a un objetivo podrían tener en otros objetivos, independientemente del efecto neto sobre el bienestar social general. Los co-beneficios están a menudo supeditados a la incertidumbre y dependen, entre otros factores, de las circunstancias locales y las prácticas de aplicación. Los co-beneficios a menudo se denominan beneficios secundarios.

Compost: Es el producto resultante de la transformación biológica o descomposición mediante organismos del material orgánico procedente de distintas fuentes como residuos de cultivos, estiércol, hojarasca, material leñoso, etc. Siendo un abono muy valioso en la agricultura por su alto contenido de nutrientes provenientes de la materia orgánica.

Costo de oportunidad: Es el costo de una actividad económica o productiva a la que se renuncia para emprender otra.

Costo-efectividad: Se refiere al costo necesario para que una política o actividad logre su objetivo. Una política es más costo-efectiva si consigue un determinado objetivo de las políticas a un costo menor.

Dióxido de Carbono Equivalente (CO₂ eq): Es una medida universal de medición utilizada para indicar la posibilidad de calentamiento global de cada uno de los gases de efecto invernadero. Se obtiene convirtiendo los GEI distintos al dióxido de carbono a su equivalente en dióxido de carbono. Ya que es un indicador del impacto de todos los GEI que se emite en una actividad, es utilizado para medir la huella de carbono.

Diversificación: Se refiere al proceso de incrementar el número de actividades productivas y económicas que se realizan en una finca, parcela o cualquier unidad productiva. Como por ejemplo que establecer distintos cultivos, producir nuevos productos, etc.

Ecosistema: Unidad funcional que consta de organismos vivos, su entorno no vivo y las interacciones entre ellos. Los ecosistemas se organizan dentro de otros ecosistemas, y la escala a la que se manifiestan puede ser desde muy pequeña hasta el conjunto de la biosfera. En la era actual, la mayoría de los ecosistemas o bien contienen seres humanos como organismos fundamentales, o bien están influidos por los efectos de las actividades humanas en su entorno.

Escenario climático: Representación confiable y en ocasiones simplificada del clima futuro, basada en

un conjunto de relaciones climatológicas. utilizado para investigar las posibles consecuencias del cambio climático antropógeno.

Heterogéneo: Se refiere a que el efecto o consecuencia de un fenómeno es diferente para cada elemento que conforma un conjunto, grupo o población.

Huella de carbono: Es un indicador que permite cuantificar la cantidad de emisiones de GEI, medidas en emisiones de CO₂ equivalente, que son liberadas a la atmósfera debido a una actividad o a la comercialización de un producto, abarcando todas las actividades de su ciclo de vida (desde la adquisición de las materias primas hasta su gestión como residuo).

Maladaptación: Cualquier cambio en sistemas humanos o naturales que aumentan de forma inadvertida la vulnerabilidad a estímulos climáticos. Adaptación que no consigue reducir la vulnerabilidad, sino que la aumenta.

Medios de vida: Se refiere al conjunto de recursos, capacidades y actividades que las personas, hogares o grupos requieren para conseguir vivir.

Mulch: Es una capa de materia orgánica suelta, que puede ser residuos de cosecha, hierba cortada, hojas y otros materiales similares, que se utiliza para cubrir el suelo que rodea las plantas, o que se coloca entre las hileras de plantas para proteger el suelo.

Potencial de mitigación: Cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero que un sector o actividad sería capaz de reducir al utilizar mejores prácticas y tecnologías.

Potencial: En el contexto del cambio climático, el potencial es la cantidad de acciones de mitigación o adaptación que podrían realizarse con el paso del tiempo, pero que no se han realizado.

Red de apoyo: Es una estructura que brinda algún tipo de contención a algo o alguien. La idea suele referirse a un conjunto de organizaciones o entidades que trabajan de manera sincronizada para colaborar con alguna causa.

Resiliencia: Es la capacidad social, económica o ambiental de un sistema de soportar un impacto o disturbio y de responder a él, es decir, de recuperarse y mantener sus funciones esenciales, identidad y estructura, capacidad de aprendizaje y de evolución. Por ejemplo, un país es económicamente resiliente cuando tiene las herramientas para superar un evento de crisis económica, y un bosque es resiliente cuando es capaz de regenerarse y recuperarse tras un incendio, por ejemplo, y será más resiliente cuanto mejor estén sus condiciones (edáficas, genéticas, etc.)

Riesgo: Es el potencial de sufrir consecuencias cuando algo de valor está en juego. También es la probabilidad de ocurrencia de eventos peligrosos y el posible impacto de estos. Por ejemplo, en verano hay más riesgo de que ocurran incendios, y además, el incendio es más riesgoso cerca de lugares donde vive gente.

Seguridad alimentaria: Condición donde todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida activa y sana.

Servicios ambientales: Son todos aquellos beneficios que la gente obtiene de la naturaleza. Como por ejemplo producción de agua, madera y alimentos, formación de materia orgánica, prevención de plagas, regulación del ciclo de agua y de inundaciones.

Sinergia: Es un proceso donde varios factores, componentes o influencias actúan en conjunto, generando un efecto que no se hubiera podido generar si hubieran accionado separadamente.

Sostenibilidad: Es un proceso dinámico que garantiza la persistencia de los sistemas naturales o humanos.

Sumidero de carbono: Cualquier proceso, actividad o mecanismo que retira de la atmósfera un gas de efecto invernadero, un aerosol, o un precursor de gases de efecto invernadero, en este caso el carbono atmosférico.

Trade-off: Es una situación en la cual se debe perder cierta cualidad a cambio de otra cualidad. Implica una decisión en la cual se comprende totalmente las ventajas y desventajas de cada elección.

Variabilidad intra-anual: Se refiere a las variaciones que se presentan en las variables climatológicas de año en año. Por ejemplo, esta escala normalmente es usada cuando se percibe que la precipitación de la estación lluviosa en un determinado lugar no siempre es la misma de un año a otro, sino que fluctúa por encima o por debajo de lo normal.

10. Bibliografía

1. Fondo de Adaptación. Manual de acceso a los recursos del fondo de adaptación
2. Aguilar Y. 2011. Impactos del cambio climático en la agricultura de América Central y en las familias productoras de granos básicos. Managua
3. Altamirano JA. 2012. Influencia de la variabilidad climática sobre la producción de café (*Coffea arabica* L.) en Honduras. 108 pp.
4. Avelino J, Cristancho M, Georgiou S, Imbach P, Aguilar L, et al. 2015. The coffee rust crises in colombia and central america (2008–2013): impacts, plausible causes and proposed solutions. *Food Secur.* 7(2):303–21
5. Banco de Desarrollo de América Latina, Corporación Andina de Fomento. 2013. Programa de adaptación al cambio climático
6. Bonilla Vargas A et al. 2014. Patrones de sequía en centroamérica. su impacto en la producción de maíz y frijol y uso del índice normalizado de precipitación para los sistemas de alerta temprana. Tegucigalpa
7. Bradshaw B, Dolan H, Smit B. 2004. Farm-level adaptation to climatic variability and change: crop diversification in the canadian prairies. *Clim. Change.* 67:119–41
8. Bunn C, Läderach P, Ovalle Rivera O, Kirschke D. 2015. A bitter cup: climate change profile of global production of arabica and robusta coffee. *Clim. Change.* 129(1–2):89–101
9. Burke M, Lobell D. 2010. Food security and adaptation to climate change: what do we know? In *Climate Change and Food Security*. Eds. D. Lovell and M. Burke., pp. 133–53
10. CCAD-SICA. 2010. Estrategia Regional de Cambio Climático. Documento Ejecutivo. Antiguo Cuscatlán: SICA, CCAD. 95 pp.
11. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). 2013. Cosecha del cambio. *Rev. Cosech.* 7(enero-febrero 2013):16 p.
12. CEPAL, CCAD, DFID. 2010. Istmo centroamericano: efectos del cambio climático sobre la agricultura. México D.F.
13. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), CAC/SICA (Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración). 2014. Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en centroamérica. LC/MEX/L.1169, México, D.F., pp. 1–129
14. CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), CAC (Consejo Agropecuario Centroamericano), y SICA (Sistema De Integración Centroamericana). 2013. Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica.

15. Chacón Araya AR, Montenegro Ballester J, Sasa Marín J. 2009. Inventario nacional de emisión de gases con efecto invernadero y de absorción de carbono en Costa Rica en el 2000 y 2005
16. Chambwera M, Heal G, Dubeux C, Hallegatte S, Leclerc L, et al. 2014. 17. economics of adaptation. Assess. Rep. 5- Clim. Chang. 2014 Impacts, Adapt. Vulnerability. Part A Glob. Sect. Asp., pp. 945–77
17. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación (FAO), and Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). 2014. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe.
18. Davis AP, Gole TW, Baena S, Moat J. 2012. The impact of climate change on indigenous arabica coffee (*coffea arabica*): predicting future trends and identifying priorities. PLoS One. 7(11):10–14
19. Donatti, C.I., Roehrdaz P., Harvey C.A., Hannah L. Indirect impacts of climate change may compromise the livelihoods of smallholder farmers in central america. In prep.
20. Doorenbos J, Kassam AH. 1979. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Roma: FAO. 212 pp.
21. Economic Commission for Central America and the Caribbean (ECLAC). 2010. The economics of climate change in central america: summary 2010
22. Escoto Gudiel ND. 2004. El cultivo de frijol. manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Tegucigalpa
23. EUROCLIMA-IICA. 2015. Compendio de experiencias en la mitigación de gas de efecto invernadero (GEI) para la agricultura y ganadería.
24. FAO. 2013. Ecocrop. <http://ecocrop.fao.org/ecocrop/srv/en/home>
25. Fearnside PM. 2000. Global warming and tropical land-use change: greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conservation, shifting cultivation and secondary vegetation. Clim. Chang. 46:115–58
26. FONTAGRO. 2015. Memoria del simposio “adaptación al cambio climático de la agricultura familiar en américa latina y el caribe”
27. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2016. FAOSTAT. Statistical databases. <http://faostat3.fao.org/home/E>
28. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 2015. Coping with Climate Change: the roles of genetic resources for food and agriculture. Rome. 130pp. p.
29. Galindo LM, Samaniego J, Alatorre JE, Carbonell JF. 2014. Estudio del cambio climático en américa latina: procesos de adaptación al cambio climático. análisis de américa latina. CEPAL, México D.F.
30. García A, Laurín M, Llosá MJ, González V, Sanz MJ, Porcuna JL. 2008. Contribución de la agricultura ecológica a la mitigación del cambio climático en comparación con la agricultura convencional. Agroecología. 1:75–88
31. García Nevárez G, Tarango Rivero SH. 2009. Manejo biorracional del gusano cogollero en maíz. Chihuahua: inifap
32. Guzman de Serrano RF, Sandoval Linares OE, Deras Flores HR. 2014. Guía Para Identificar el Complejo Mancha de Asfalto en el Cultivo de Maiz en El Salvador. La Libertad: CENTA. 16 pp.

33. Harvey CA, Chac M, Donatti CI, Garen E, Hannah L, et al. 2013. Climate-smart landscapes : opportunities and challenges for integrating adaptation and mitigation in tropical agriculture. . 0:1–14
34. Hulme M. 2003. Abrupt climate change: can society cope? *Philos. Trans. R. Soc. London. Ser. A Math. Phys. Eng. Sci.* 361(1810):2001 LP-2021
35. IICA, Red Sicta, Cooperación Suiza en América Central. 2014. Cadenas de valor de maíz blanco y frijol en centroamérica. actores, problemas y acciones para su competitividad. San José
36. INIAP (Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias). 2014. Tecnología INIAP, sección de Programas Café robusta y Arabica.
37. IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report*. Cambridge: Cambridge University Press. 35-112 pp.
38. Jaramillo, J.; Chabi-Olaye, A.; Borgemeister C 2010. 2010. Temperature-dependent development and emergence pattern of *hypothenemus hampei* (coleoptera: curculionidae: scolytinae) from coffee berries. *Econ. Entomol.* 103(4):1159–1165.
39. Läderach P, Haggard J, Lau C, Eitzinger A, Ovalle O, et al. 2010. Mesoamerican coffee: building a climate change adaptation strategy
40. Lal R. 2004. Carbon emission from farm operations. *Environ. Int.* 30(7):981–990.
41. Lawler JJ, Schloss CA, Ettinger AK. 2013. *Climate Change : Anticipating and Adapting to the Impacts on Terrestrial Species*, Vol. 2. Elsevier Ltd. 100-114 pp.
42. Leibovich, J; Llinás G. 2013. La producción de café robusta en Colombia. *econstudio, asesoría y estudios económicos*. ECONSTUDIO, Asesor. y Estud. económicos, p. 20 p.
43. Levina E, Tirpak D. 2006. *Adaptation to Climate Change: Key terms*. 25 pp.
44. Lobell, D. B., & Gourdji SM. 2012. The influence of climate change on global crop productivity. *Plant Physiol.* 160(4):1686–1697.
45. MARN. 2012. Actualización de los escenarios de cambio climático para Guatemala
46. Medellín C, Bouroncle C, Fung E, Brenes C, Imbach P. 2016. Nicacental y trifinio y su capacidad adaptativa
47. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica (MAG). 2013. *Nama café: una herramienta para el desarrollo bajo en emisiones.* , p. 4
48. Mora J, Ramírez D, Ordaz JL, Acosta A, Serna B. 2010. Guatemala efectos del cambio climático sobre la agricultura. Naciones Unidas, México D.F.
49. Navarro SF. 1983. “marco de referencia del área.” In *Frijol en el Noroeste de México. Tecnologías de producción*. SARHINIA-CIPAC-CAEVACU. CPIPEAS. Culiacán, Sin., México.
50. Nelson GC, Rosegrant MW, Koo J, Robertson R, Sulser T, et al. 2009. *Cambio climático: el impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. IFPRI, Washington D.C.
51. Noble IR, Huq S, Anokhin YA, Carmin J, Goudou D, et al. 2014. 14. adaptation needs and options. *Assess. Rep. 5- Clim. Chang. 2014 Impacts, Adapt. Vulnerability. Part A Glob. Sect. Asp.*, pp. 833–68

52. Ordaz JL, Ramírez D, Mora J, Acosta A, Serna B. 2010. Costa rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura. CEPAL, México D.F.
53. Ordaz JL, Ramírez D, Mora J, Acosta A, Serna B. 2010. Honduras efectos del cambio climático sobre la agricultura. Naciones Unidas, México D.F.
54. Ortiz S. CA. 1982. Agrometeorología. Dpto. de Suelos, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
55. Ovalle-rivera O, Läderach P, Bunn C, Obersteiner M. 2015. Projected shifts in coffea arabica suitability among major global producing regions due to climate change. , pp. 1–13
56. Porter JR, Semenov MA. 2005. Crop responses to climatic variation. Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci. 360(1463):2021–35
57. Porter JR, Xie L, Challinor AJ, Cochrane K, Howden SM, et al. 2014. Food security and food production systems. Clim. Chang. 2014 Impacts, Adapt. Vulnerability - Contrib. Work. Gr. II to Fifth Assess. Rep., pp. 485–533
58. Rahn E, Läderach P, Baca M, Cressy C, Schroth G, et al. 2013. Climate change adaptation, mitigation and livelihood benefits in coffee production: where are the synergies? Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Chang., pp. 1–19
59. Revesz RL, Howard PH, Arrow K, Goulder LH, Kopp RE, et al. 2014. Global warming: improve economic models of climate change
60. Ruiz C., J.A., G. Medina G., I. J. González A., H.E. Flores L., G. Ramírez O., C. Ortiz T. KFBM y RAMP. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. In Segunda Edición. Libro Técnico Núm. 3. INIFAP. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias-CIRPAC-Campo Experimental Centro Altos de Jalisco. Tepatitlán de Morelos, Jalisco, México. 564 p.
61. Schroth, G., and F. Ruf. 2014. Farmer strategies for tree crop diversification in the humid tropics. A review. Agron. Sustain. Dev. 34(1): 139–154.
62. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. 2009. Connecting biodiversity and climate change mitigation and adaptation: key messages from the report of the second ad hoc technical expert group on biodiversity and climate change. 126 pages
63. SERNA. 2008. Segundo inventario de emisiones y sumideros de gases efecto invernadero en honduras año 2000. Tegucigalpa
64. Smith P, Martino D, Cai Z, Gwary D, Janzen H, et al. 2007. Policy and technological constraints to implementation of greenhouse gas mitigation options in agriculture. Agric. Ecosyst. Environ. 118:6–28
65. Sonesson Ui, Davis J, Ziegler F. 2010. Food production and emissions of greenhouse gases. an overview of the climate impact of different product groups. Estocolmo
66. Stern N. 2006. The Economics of Climate Change: The Stern Review. 575 pp.
67. Tol RSJ. 2012. The economic effects of climate change. J. Econ. Perspect. 23(2):29–51
68. UNEA, FAO. 2011. Prácticas de conservación de suelos y agua para la adaptación productiva a la variabilidad climática. Santiago

69. UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate change). 2014. What is adaptation to climate change?
70. Vignola R, Harvey CA, Bautista-solis P, Avelino J, Rapidel B, et al. 2015. Agriculture , ecosystems and environment ecosystem-based adaptation for smallholder farmers : definitions, opportunities and constraints. *Agriculture, Ecosyst. Environ.* 211:126–32
71. World Bank Group, Adaptation Fund. 2015. Projects Map View
72. Zabel F, Putzenlechner B, Mauser W. 2014. Global agricultural land resources - a high resolution suitability evaluation and its perspectives until 2100 under climate change conditions. *PLoS One.* 9(9):1–12

El proyecto CASCADA (Adaptación Basada en Ecosistemas para pequeños productores de subsistencia y café en Centroamérica) forma parte de la Iniciativa Internacional de Protección del Clima (IKI). El Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza, Obras Públicas y Seguridad Nuclear (BMUB) apoya esta iniciativa con base en la decisión adoptada por el Bundestag de la República de Alemania.

**Más información del proyecto en:
www.conservation.org/cascade-espanol**

Fomentado por el:



Ministerio Federal
de Medio Ambiente, Protección de la Naturaleza,
Obras Públicas y Seguridad Nuclear

en virtud de una resolución del
Parlamento de la República Federal de Alemania