



Módulo 1

El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos.

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

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:

Gabriela Jiménez Nehring (Instituto Hondureño del Café – IHCAFE)

Hugo Hidalgo (Universidad de Costa Rica, 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. El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA (Conservación Internacional-CATIE). 44 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.
	<ol style="list-style-type: none">1. Introducción, ¿qué es el clima?2. ¿Qué es el cambio climático?3. Predicciones de cambio en la región4. Impactos esperados en la región5. Factores de vulnerabilidad al cambio climático6. Acciones frente al cambio climático: Introducción a mitigación y adaptación.7. Mensajes clave, alternativas y respuestas posibles
Módulo II	Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación.
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 superíndice 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 1.2.

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...

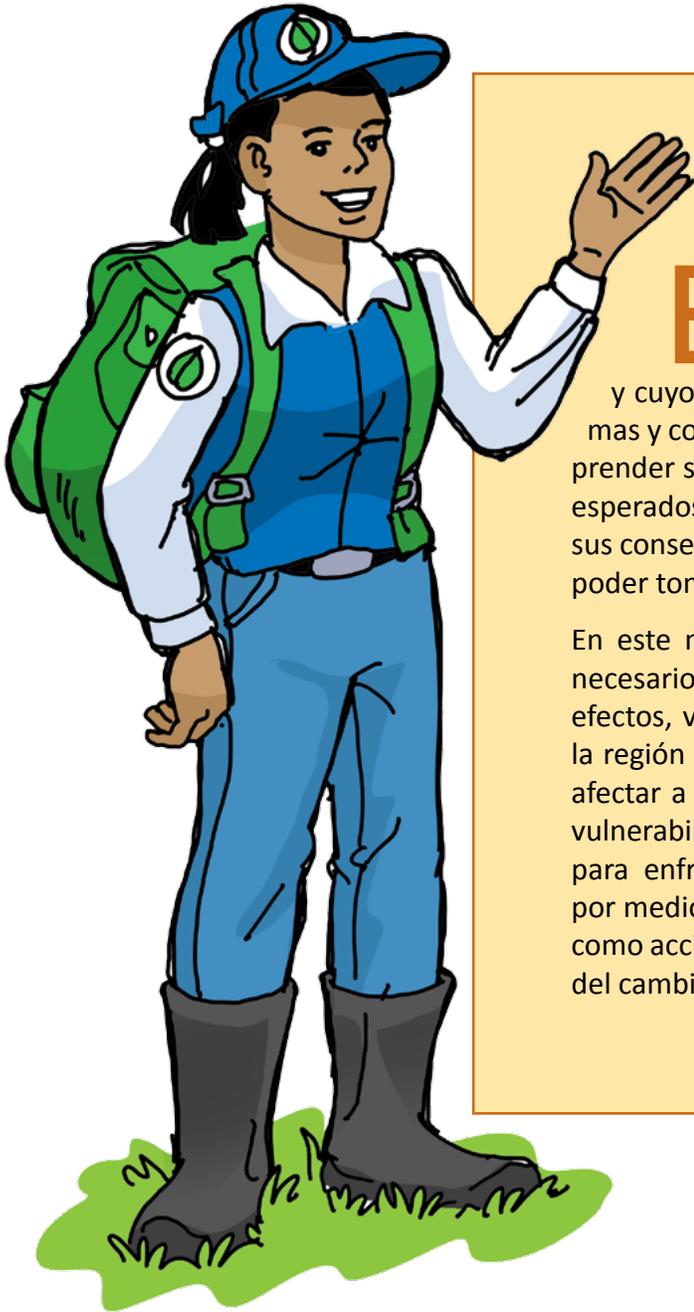
En todo el manual encontrarán ejemplos y casos específicos que ilustran los contenidos del módulo, para la realidad de Centroamérica y los sistemas de cultivo de café y granos básicos.

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 es una alteración de las condiciones ambientales y en especial del sistema climático que se da a nivel global y cuyos efectos ya están afectando a todos los sistemas y comunidades. Por esto, es muy importante comprender sus causas, impactos potenciales y los cambios esperados en el futuro, además de cómo hacer frente a sus consecuencias a nivel local, nacional y regional, para poder tomar las medidas adecuadas.

En este módulo aprenderemos los conceptos básicos necesarios para entender el cambio climático y sus efectos, veremos cuáles son los cambios esperados en la región centroamericana y cómo estos cambios van a afectar a los sistemas y la sociedad, incrementando su vulnerabilidad. Finalmente exploraremos las opciones para enfrentarnos y prepararnos al cambio climático por medio de los conceptos de mitigación y adaptación, como acciones fundamentales para reducir los impactos del cambio climático en el futuro cercano.

Contenido

1.	Introducción, ¿qué es el clima?.....	7
2.	¿Qué es el cambio climático?.....	9
3.	Predicciones de cambio en la región.....	13
4.	Impactos esperados en la región.....	18
5.	Factores de vulnerabilidad al cambio climático.....	22
5.1.	¿Qué es la vulnerabilidad?.....	22
5.2.	La vulnerabilidad al cambio climático en Centro América.....	24
5.3.	¿Por qué es importante reducir la vulnerabilidad al cambio climático?.....	25
6.	Acciones frente al cambio climático: Introducción a mitigación y adaptación.....	27
7.	Mensajes clave, alternativas y respuestas posibles.....	30
8.	Anexos.....	31
Anexo I -	Caso práctico de evaluación de capacidad adaptativa en la región.....	31
9.	Glosario.....	36
10.	Bibliografía.....	40

Introducción, ¿qué es el clima?

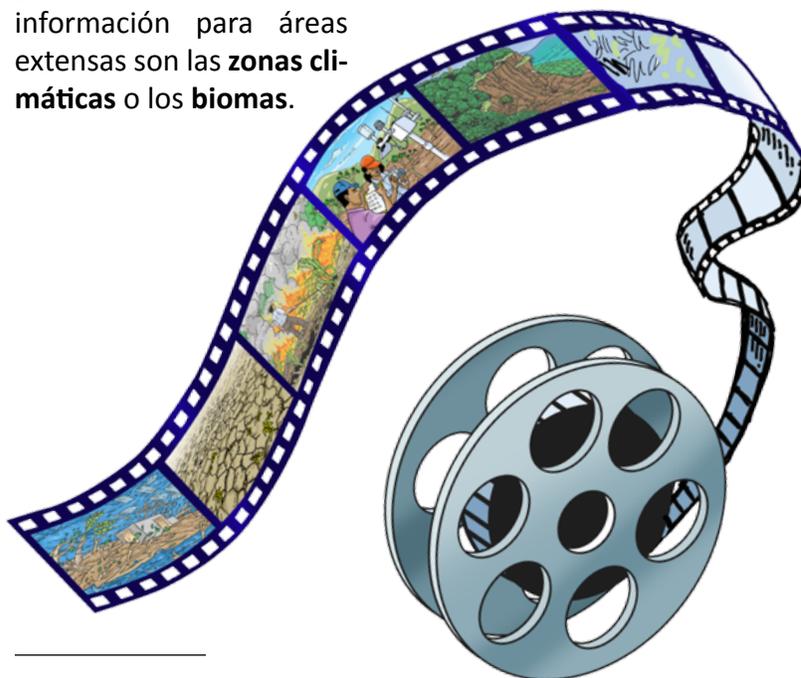
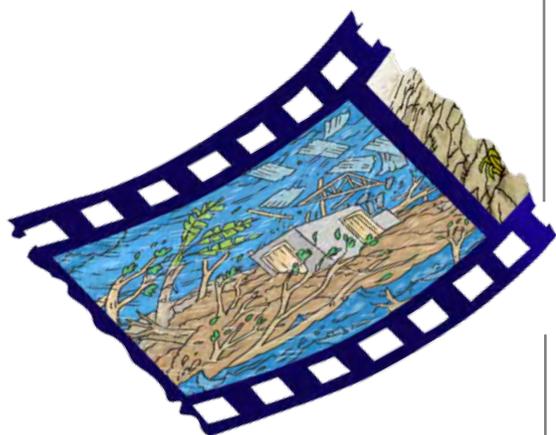
En la naturaleza todo está interrelacionado, un pequeño cambio del viento, una erupción volcánica o la construcción de una nueva represa pueden implicar cambios en las condiciones ambientales locales, regionales e incluso a escala global. Esto se debe a procesos naturales entre la tierra, los océanos, la atmósfera y los demás componentes del “**sistema climático**” y no debe preocuparnos porque la tierra es un sistema dinámico que cambia constantemente como lo ha venido haciendo desde hace millones de años. Sin embargo, hay ciertos cambios que están empezando a afectar seriamente a los sistemas naturales y a los **medios de vida** de millones de personas. Probablemente usted haya oído hablar de cambio climático, del calentamiento global o del retroceso de los glaciares pero... ¿a qué nos referimos exactamente con esos términos? Para comenzar a entender debemos aprender a diferenciar entre tiempo y clima, qué significa cada uno de ellos, y posteriormente veremos cuáles son los factores que provocan el cambio climático y qué implica este cambio.

El tiempo o “tiempo atmosférico” es la condición de **precipitación y temperatura** de un momento dado o de un periodo corto de tiempo, es decir, qué tanto calor o frío hace en determinado lugar en este momento, y si llueve o no, cuánto llueve y cómo llueve. Los **pronósticos** de tiempo que dan en las noticias se refieren a las condiciones puntuales que vamos a tener en las próximas horas o días.

El clima es el estado promedio del tiempo atmosférico en un periodo largo de tiempo. Para determinar el clima se utilizan datos de precipitación, temperatura y otras magnitudes (viento, **presión atmosférica**, etc.) de al menos 30 años⁵⁹.

Otro tipo de datos que se generan con esta misma información para áreas extensas son las **zonas climáticas** o los **biomas**.

Por ejemplo, decimos que Juticalpa, en Honduras, “tiene un clima tropical con una estación seca y una lluviosa”, de forma simplificada; de forma más específica podríamos añadir que “la temperatura media es de 24.7 °C con una temporada seca de diciembre a abril y una lluviosa de mayo a noviembre, con una precipitación anual de 1284 mm y una variación en la temperatura promedio anual de 4.5°C”⁽¹⁾.



(1). climate-data.org

Es importante diferenciar estos dos conceptos, tiempo y clima, para comprender los temas que veremos más adelante. La tabla 1 muestra las dimensiones básicas de cada uno de ellos.

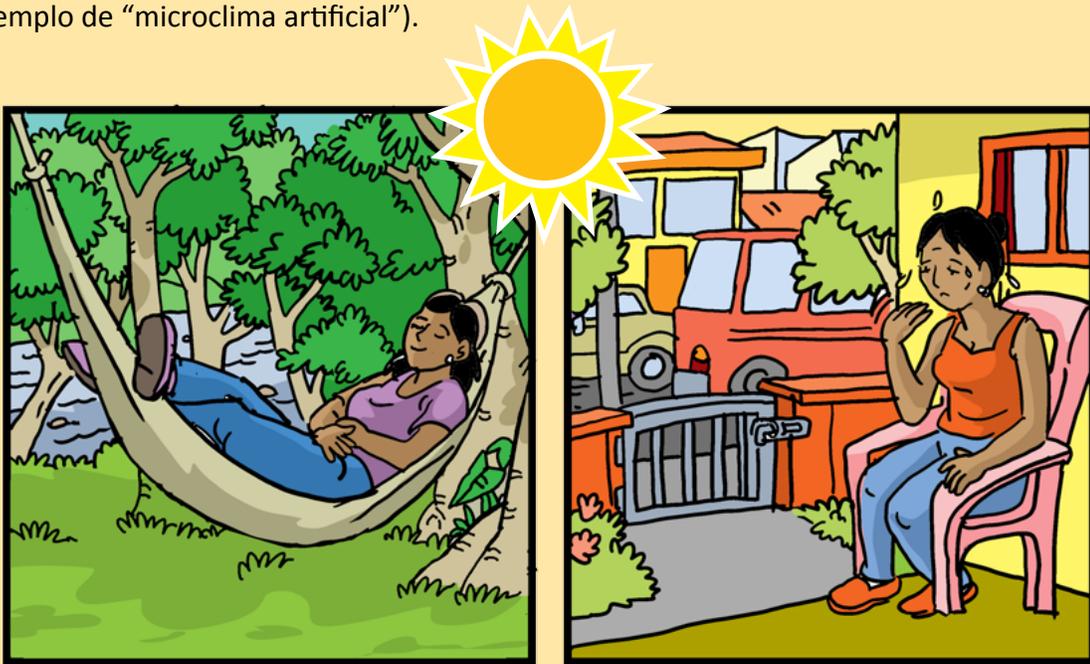
Tabla 1 **Diferencias entre tiempo y clima**

(escala)	Duración (temporal)	Influencia (espacial)	Características	Ciencia	A futuro
TIEMPO	Horas a pocos días	Local	Cambia rápidamente	Meteorología	Pronósticos de pocos días a pocos meses
CLIMA	30 años consecutivos	Regional	Tarda años en cambiar	Climatología	Predicciones para periodos largos

Lo que determina el tiempo (a corto plazo) y el clima (a largo plazo) son las condiciones de la atmósfera, determinadas por los elementos climáticos. Hay elementos fáciles de medir y de uso más normal, como la precipitación y la temperatura, y otros más difíciles de medir que normalmente son las que utilizan los expertos para pronosticar y predecir condiciones climáticas futuras, como la presión atmosférica, la insolación, la humedad del aire o los vientos⁵⁹.

Cuadro 1.1. ¿Qué es un microclima?

Un microclima es una condición climática particular que se diferencia en sus características del clima de alrededor, por elementos climáticos y geográficos específicos de ese lugar. Esto ocurre por varias razones naturales, como por ejemplo la orientación de una montaña, que genera microclimas más húmedos o más cálidos, bajo un bosque primario, a la orilla de un río con vegetación ribereña donde el ambiente es más húmedo y fresco, o incluso en las grandes ciudades, donde se concentra el calor y se reduce el viento por efecto de la emisión de gases contaminantes (este último caso es un ejemplo de “microclima artificial”).

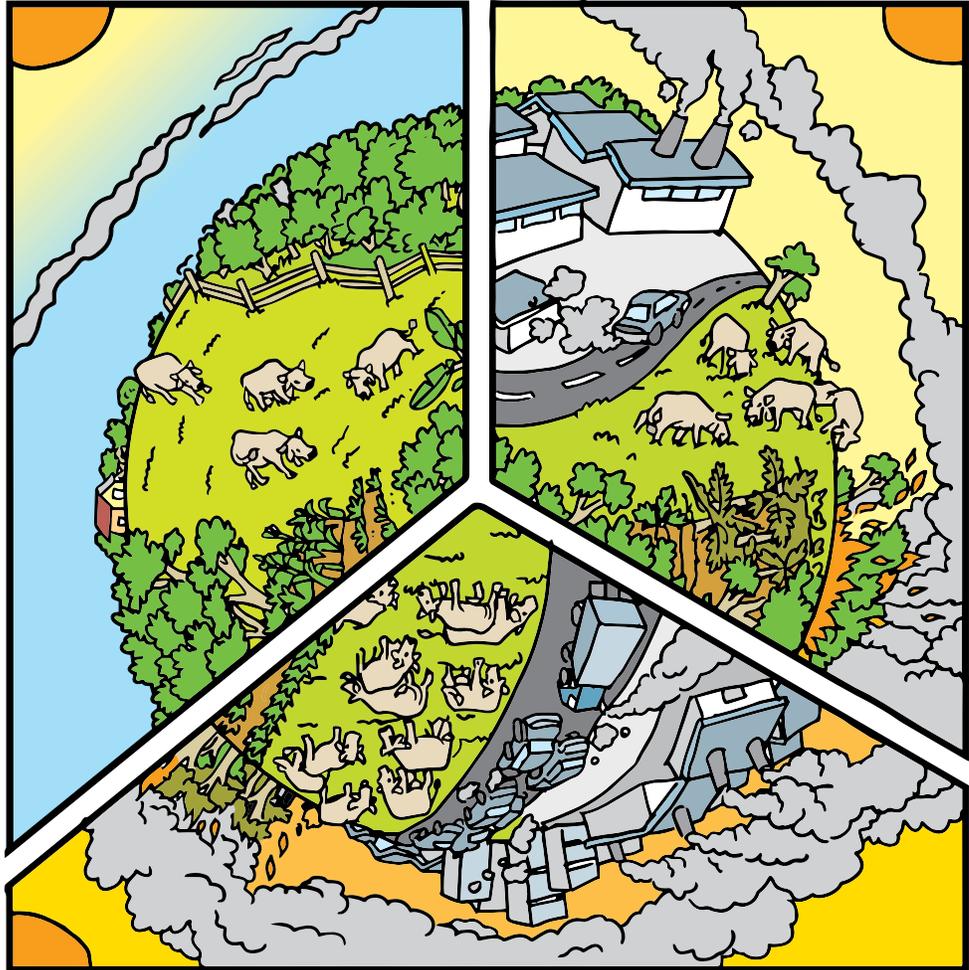


Actividad en grupo:

Identificar lugares de su zona que tienen microclimas particulares, y comentar sus características.

2. ¿Qué es el cambio climático?

En el sistema climático todos los elementos (como la **atmósfera, la hidrosfera, criosfera, geosfera, biosfera y la antroposfera**) están conectados e influyen en el tiempo y clima. Cuando las condiciones de la atmósfera cambian, tiempo y clima varían naturalmente. La naturaleza regula el clima para mantenerlo dentro de unos parámetros que consideramos “normales”, que hacen que la tierra sea habitable ya que mantienen la temperatura en un rango idóneo para el desarrollo de la vida, por medio de interacciones de flujos de calor con el sol en la atmósfera: la radiación solar penetra en el sistema, calentándolo, pero una parte rebota o escapa, impidiendo que el planeta se caliente en exceso.



Evolución de las actividades humanas e incremento de la concentración de gases de efecto invernadero

Históricamente el clima ha variado dando lugar a épocas más frías y otras más calientes, como la Edad de Hielo, hace millones de años, o la sequía que influyó con el declive de los mayas (sequía clásica terminal, del año 750 a 1050 d.C.). Además, el clima presenta variaciones periódicas, como los fenómenos de El Niño y La Niña (más información en el cuadro 1.3), que afectan con fuerza en América Central, pero cuyos efectos se extienden por todo el planeta. El clima es dinámico y ya ha cambiado antes, entonces **¿por qué es tan grave que el clima esté cambiando ahora?** Efectivamente el clima cambia a través de los años, debido a procesos que ocurren dentro o fuera del sistema climático, tales como las **emisiones** de gases provocadas por las actividades humanas, lo que llamamos **cambios antropogénicos**. La gravedad del cambio del clima actual es que es tan rápido (comparado con los cambios históricos) que los **ecosistemas naturales** y nosotros, los humanos, no estamos preparados para cambiar al mismo ritmo y poder afrontarlo.

¿Por qué es tan grave que el clima esté cambiando ahora?



Sabía usted que...



El **cambio climático** es una variación del clima promedio a medio y largo plazo, pudiendo durar decenios o períodos más largos. El cambio climático puede deberse a procesos naturales como los ciclos de intensidad solar o erupciones volcánicas, y también a cambios antropogénicos persistentes como el cambio de composición de la atmósfera debido a la emisión de gases de efecto invernadero, o al cambio de uso del suelo⁴⁰.



En la atmósfera ocurre un efecto similar al que se da en los invernaderos, la radiación (calor) queda retenida y la temperatura se incrementa.

Cuadro 1.2. ¿Qué son los Gases de Efecto Invernadero?

Los Gases de Efecto Invernadero (GEI) son componentes gaseosos en la atmósfera, de origen natural o antropogénico, que absorben y emiten la radiación proveniente de la superficie terrestre, por la propia atmósfera y por las nubes. Al efecto de retener la radiación dentro de la atmósfera se conoce como Efecto Invernadero y tiene la función de mantener la temperatura en un rango en el que la vida en la tierra sea viable. Cuando existe una concentración de GEI demasiado elevada, la radiación solar se concentra en la capa baja de la atmósfera, la temperatura incrementa y la tierra tiende a calentarse; esta situación da lugar al llamado **calentamiento global**.

Los principales gases de efecto invernadero, además del vapor de agua (H₂O), son el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), el metano (CH₄), el monóxido de carbono (CO), los hidrofluorcarbonos (HFC) y otros. La principal fuente antropogénica del dióxido de carbono es la combustión de combustibles fósiles como el petróleo, el gas o el carbón, la quema de biomasa y los cambios de uso del suelo. En el caso del óxido nitroso, su fuente antropogénica principal es la agricultura, asociada al uso de fertilizantes nitrogenados, y en menor medida, el tratamiento de aguas residuales, el quemado de combustibles fósiles y los procesos químicos industriales. El metano se encuentra asociado al uso de combustibles fósiles y a la producción agropecuaria, principalmente por la descomposición de materia orgánica (estiércol y otros). Los hidrofluorcarbonos provienen de la industria de fabricación de aerosoles, plásticos y refrigerantes entre otros.

“El calentamiento del clima es inequívoco, desde los años 1950 se han observado cambios sin precedentes en milenios. La atmósfera y el océano se ha calentado, la nieve y el hielo han disminuido y el nivel del mar ha aumentado” (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC))

El cambio climático que estamos experimentando en la actualidad es debido en gran medida a la emisión de gran cantidad de GEI por actividades humanas (antropogénico) tales como la industrialización, los transportes, la producción agropecuaria y otras actividades³⁸. El cambio es especialmente preocupante por su dimensión global y la rapidez del proceso, por lo que el planeta no puede revertirlo de forma natural.

Los cambios que estamos observando en el clima van a persistir y se van a agravar en el futuro, comprometiendo los sistemas naturales, humanos y productivos.



Algunas fuentes de gases de efecto invernadero asociadas a actividades agropecuaria

Las consecuencias globales del cambio climático son: el deshielo de los casquetes polares, el cambio de las corrientes marinas, el aumento del nivel del mar y cambios en los patrones atmosféricos incluidas las precipitaciones, entre otros efectos. Algunos de los efectos que se están observando en América Central son el aumento de eventos como sequías y huracanes, incremento de la variabilidad de las lluvias y mayor radiación solar. En la actualidad sabemos que el cambio no es solamente un aumento de temperaturas, el cambio climático ya está afectando a todos los elementos climáticos, con consecuencias a nivel global que veremos en la sección 3.

Cuadro 1.3. Los fenómenos de El Niño y La Niña (ENSO): ¿cambio o variabilidad climática?

El fenómeno ENSO no se debe al cambio climático antropogénico, sino que es una variación de las condiciones de la atmósfera que se da periódicamente y provoca cambios reversibles en el clima.

El Niño y La Niña son eventos oceánicos que cambian la presión atmosférica a escala tropical y global, afectando directamente la costa Pacífica de América Central y del Sur. El Niño, o fase cálida, tiene consecuencias en los sistemas a nivel mundial, modificando los patrones de precipitación, presión y vientos⁵⁶. Este evento provoca calentamiento de la superficie del océano, generando cambios en la distribución de la pesca, entre otros⁶. Durante La Niña, o fase fría periódica, ocurre el proceso inverso, y entre ambas fases se dan periodos de temperaturas del océano, patrones de lluvias y vientos promedios⁵⁷.

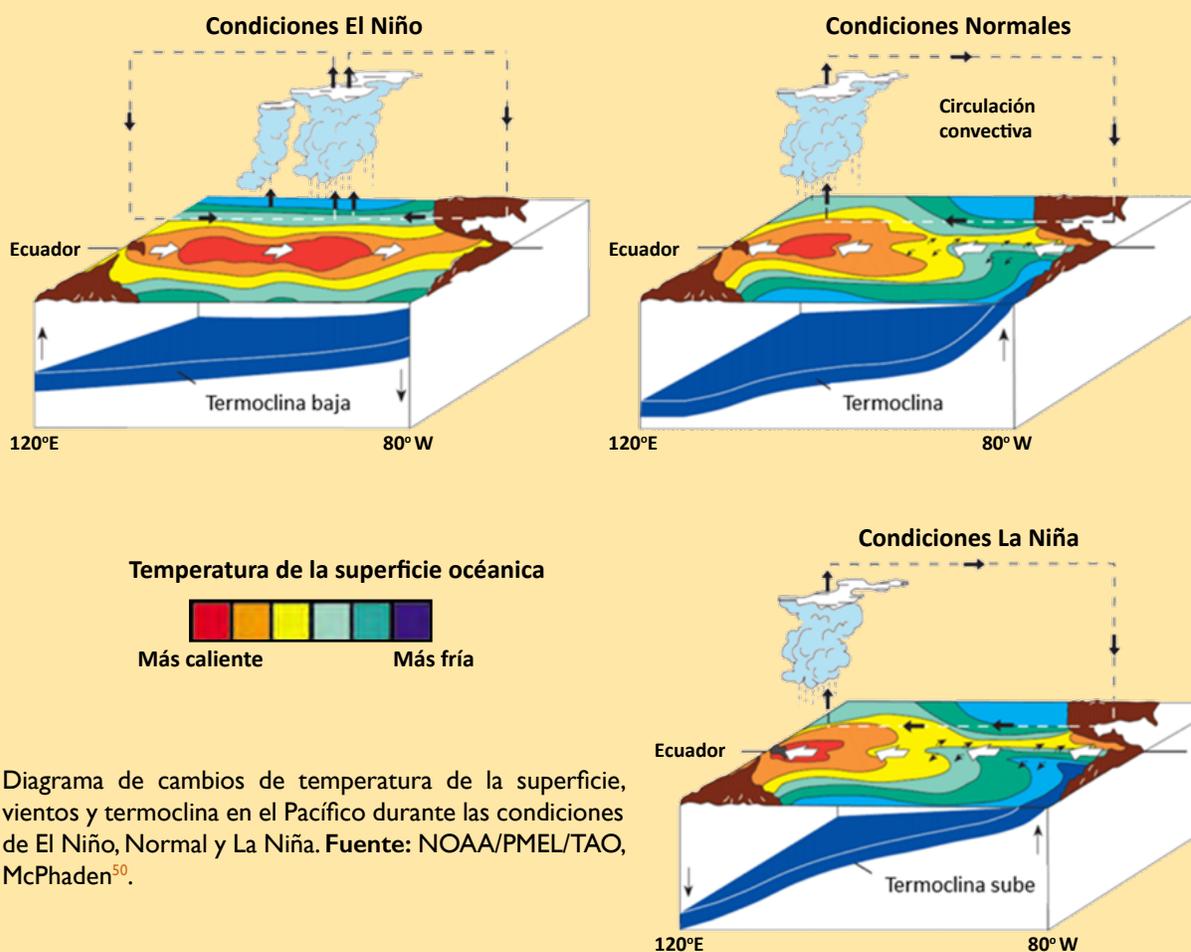


Diagrama de cambios de temperatura de la superficie, vientos y termoclina en el Pacífico durante las condiciones de El Niño, Normal y La Niña. Fuente: NOAA/PMEL/TAO, McPhaden⁵⁰.

Los eventos climáticos de El Niño y la Niña afectan la productividad y conservación de ecosistemas terrestres, con impactos opuestos sobre la agricultura, la generación de energía eléctrica (solar o hidráulica), el agua, la industria forestal, pesquerías, salud humana y muchas otras actividades son afectados⁵⁰ con consecuencias sociales, económicas y ambientales, a nivel regional o mundial. Es frecuente que a consecuencia de El Niño, el océano esté a mayor temperatura y descienda la productividad, afectando directamente a la pesca e indirectamente a otros sistemas. Con La Niña, la ocurrencia de huracanes es mayor, pero no suelen darse situaciones de sequía.

Ambos puede variar en intensidad (baja, media, alta y muy alta), en su temporada de inicio, duración (desde pocos meses hasta varios años)¹⁸ y se alternan en periodos irregulares de entre 2 y 7 años⁵⁰.

Actividad I:

¿Qué condiciones debemos esperar en nuestra región cuando se declara un El Niño? ¿Y un La Niña? ¿Qué podemos hacer para estar preparados y reducir los daños en los cultivos y en los medios de vida de las familias que dependen de la agricultura?

3. Predicciones de cambio en la región: incertidumbre y tendencias.

Algunas de las alteraciones provocadas por el cambio climático ya se están sintiendo. Los expertos tratan de predecir cómo van a ser en el futuro utilizando modelos climáticos predictivos. Los modelos climáticos tratan de simplificar la realidad y usan registros climáticos históricos (datos de años atrás) y tendencias globales de emisiones (en función de cómo evolucione la sociedad y de cómo nos comportemos) para proyectar lo que puede pasar al futuro. Por eso, los modelos pueden generar diferentes resultados que hay que interpretar con precaución.

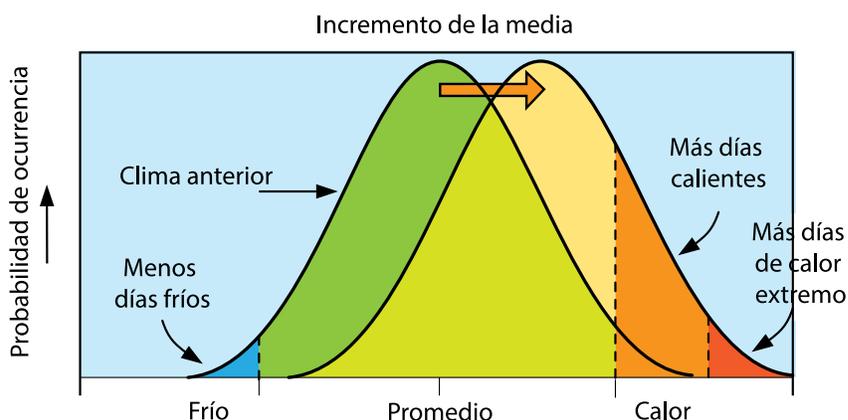
Los modelos indican que la *región centroamericana experimentará un incremento de temperatura y reducción de precipitaciones en las próximas décadas*. Además se espera que los **eventos extremos** (sequías, lluvias extremas, etc.) se intensifiquen, sean más frecuentes y más fuertes; sin embargo, nos enfrentamos a una gran incertidumbre al predecir cómo serán las condiciones climáticas en el futuro, especialmente en áreas pequeñas, y cómo nos afectarán.

Nos referimos como **incertidumbre** al conocimiento incompleto debido a falta de información que da lugar a imprecisión en datos y falta de consenso. Esto ocurre cuando tratamos de definir cuál será la temperatura media en el futuro en ciertas áreas (en algunas áreas se sabe con certeza cómo va a ser el cambio), o si el cambio de precipitación va a ser positivo o negativo (ambigüedad de resultados). Los expertos en clima están trabajando en mejorar la precisión de los pronósticos y predicciones de cambios en el estado del clima para reducir la incertidumbre.



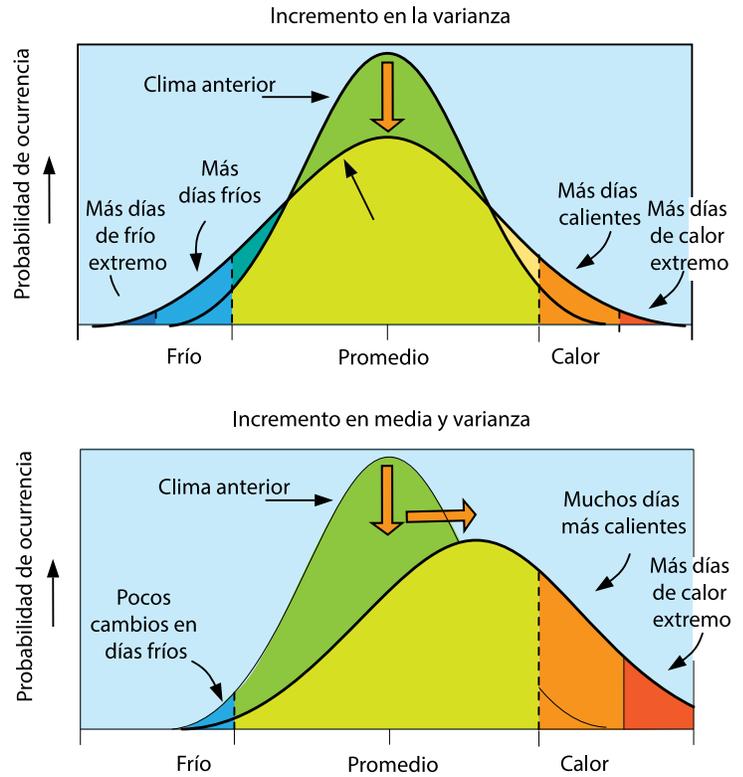
Podemos esperar tres tipos de cambios fundamentales del clima (adaptado de ⁶⁰):

- **Cambios en el promedio:** significa que se cambia el valor medio de una variable (temperatura o precipitación), haciendo que el valor aumente o disminuya. Por ejemplo, si la temperatura media cambia de 20 a 22 °C, sabemos que, en general, vamos a tener más días con temperatura superior a 22°C que antes, y menos días fríos.



- Incremento de variabilidad o amplitud:** El valor promedio se mantiene, pero el rango de temperaturas (diarias o estacionales) será más amplio y variable, con menos días de temperatura promedio y más días de temperatura extrema (días fríos, muy fríos, calientes y muy calientes). En el caso de las precipitaciones, el promedio en América Central no ha cambiado, pero los extremos son más frecuentes: cuando llueve, llueve más intensamente¹
- Ambos cambios (promedio + variabilidad):** en este caso tendremos muchos más días calientes (o fríos, dependiendo hacia dónde se mueva la media) y más días extremadamente calientes (o extremadamente fríos).

Por el momento, resultados de investigaciones desarrolladas a nivel mundial evidencian que el cambio climático está afectando en todo el mundo, y se espera que sus efectos sean mayores en las zonas intertropicales con impactos desigualmente distribuidos. Esto quiere decir que los efectos y daños serán mayores en las zonas menos desarrolladas que se ubican en latitudes bajas^{47,52}, en parte porque la sociedad en estas áreas está menos preparada para responder a dichos cambios.



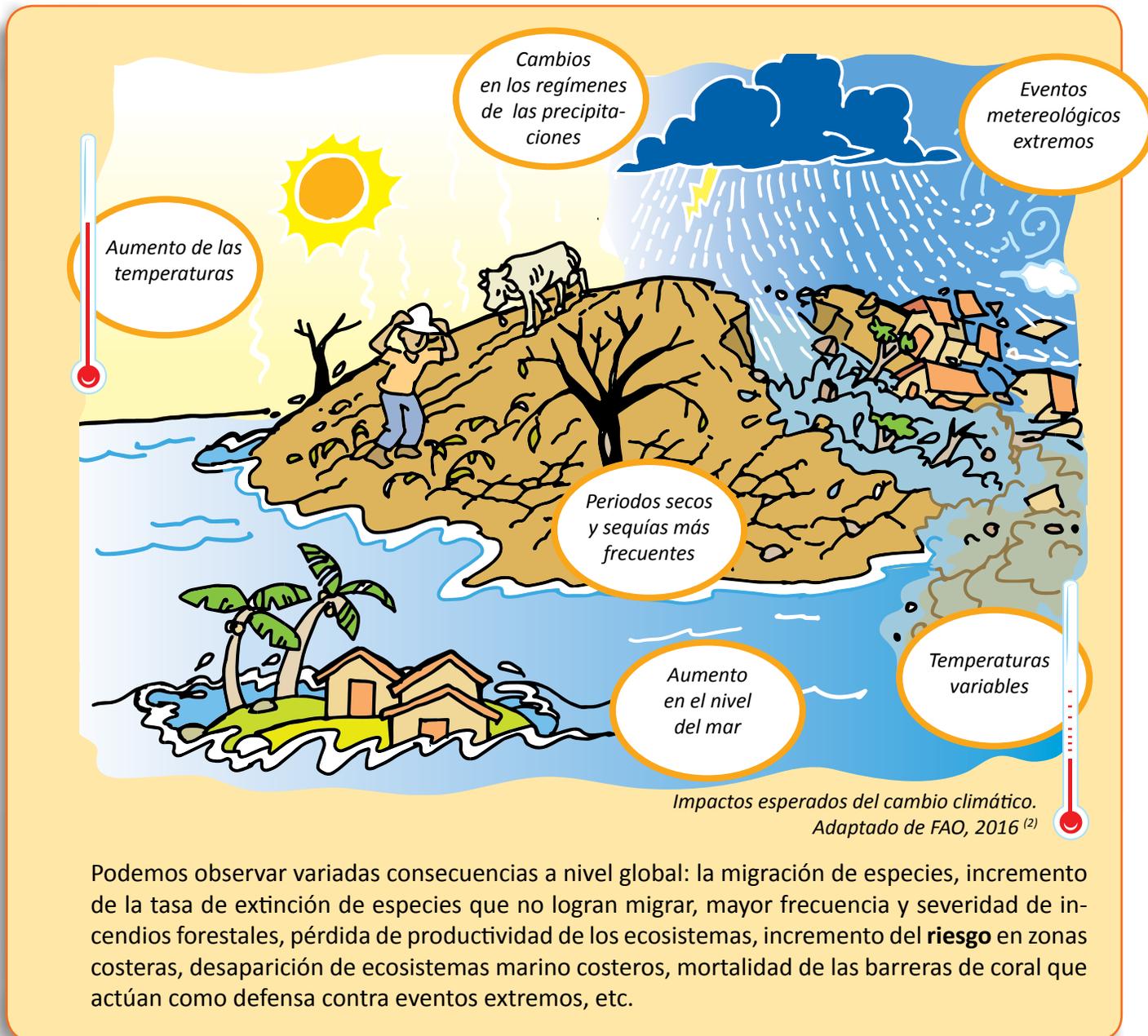
Cuadro I.4. Tendencias del clima a nivel global

El sistema climático global se ha calentado de forma inequívoca y progresiva desde el año 1850. Las temperaturas de la superficie terrestre y oceánica, muestran que ha existido un calentamiento global promedio de 0.85 °C (0.65°C – 1.65°C). A consecuencia del calentamiento, se han observado cambios sin precedentes en los últimos decenios que incluyen el derretimiento de glaciares y casquetes polares, que ha provocado el incremento del nivel del mar (0.19 m entre 1901 y 2010) y cambios en la circulación oceánica³⁸. Esto último da lugar a cambios en las pesquerías (reducción y redistribución) y a modificaciones en el clima local por efecto de la influencia oceánica.

Algunos impactos a gran escala son los cambios en el ciclo del hidrológico, que han ocasionado el incremento de la salinización del agua oceánica (por aumento de la evaporación), incremento de la acidez del agua (hasta en un 26%) debido a la incorporación de CO₂ desde el comienzo de la era industrial³⁶, agotamiento de acuíferos e incremento en la sedimentación por cambios en los patrones de lluvias, más escasas e intensas. También han cambiado significativamente los eventos climáticos extremos, con disminución de las temperaturas frías extremas, aumento de las temperaturas extremas cálidas e incremento en intensidad de las lluvias³⁷.

Ejemplo: Julio de 2016 ha sido el mes de julio más caliente de los últimos 136 años⁵⁴.

Ejemplo: En los últimos años se han producido retrasos de los monzones, asociados a mayor o menor cantidad de lluvias, lo que causa la reducción del rendimiento de los cultivos y en ocasiones inundaciones, pérdidas catastróficas e incluso la muerte de miles de personas.



Podemos observar variadas consecuencias a nivel global: la migración de especies, incremento de la tasa de extinción de especies que no logran migrar, mayor frecuencia y severidad de incendios forestales, pérdida de productividad de los ecosistemas, incremento del **riesgo** en zonas costeras, desaparición de ecosistemas marino costeros, mortalidad de las barreras de coral que actúan como defensa contra eventos extremos, etc.

3.1. Cambios esperados en América Central

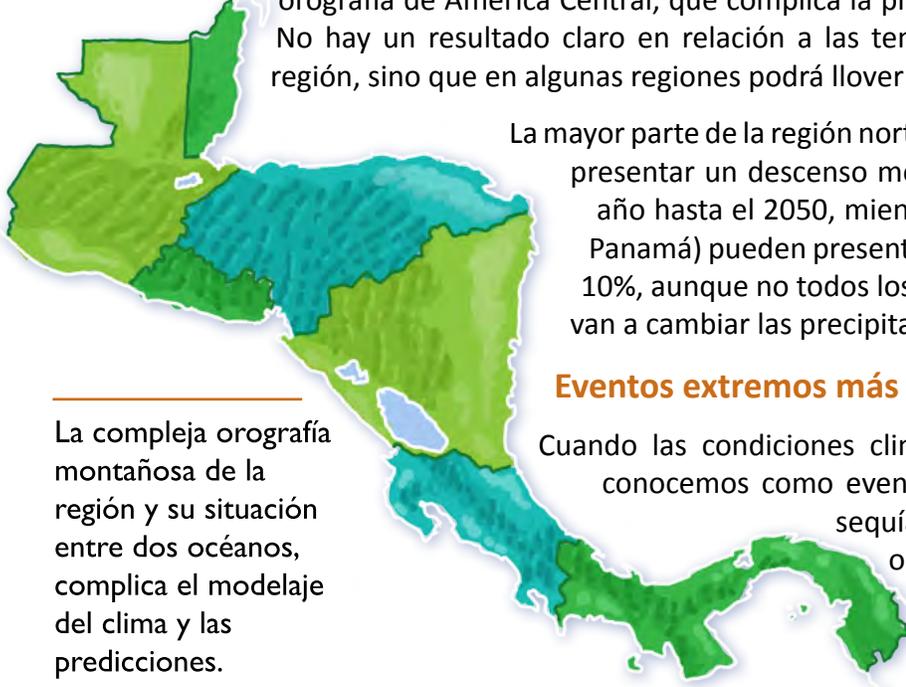
Aumento de temperatura

Durante las últimas décadas, se ha registrado una tendencia de calentamiento en América Central¹. Varios autores indican que la temperatura va a continuar aumentando en toda la región; Guatemala, El Salvador y Honduras pueden experimentar un aumento de temperatura de 1.7 a 2.1 °C y el resto de la región de 1.4 a 1.7°C para el año 2050³². El aumento de la temperatura media en el futuro implica que tendremos también más días de calor extremo y menos días de temperatura fresca en el futuro, como ya se ha observado en las últimas décadas¹. En la siguiente sección abordamos las implicaciones en distintos sectores, y en el módulo 2 veremos qué implicaciones tiene para la agricultura.

(2) FAO. 2016. Estado mundial de la agricultura y la alimentación. Infografía.

Cambios inciertos en precipitación

El registro histórico del cambio climático en América Central refleja cambios menos definidos en la precipitación. Es más difícil de predecir e identificar las tendencias de los patrones de lluvia porque no es continua en el espacio (la temperatura si) y los factores son más difíciles de predecir, como cuando se forman nubes pero el viento las desplaza y no llueve. Además los modelos no están de acuerdo respecto a la magnitud y la dirección de estos cambios en el futuro, en parte debido a la compleja orografía de América Central, que complica la predicción de las tendencias en el futuro. No hay un resultado claro en relación a las tendencias futuras de precipitación en la región, sino que en algunas regiones podrá llover más y en otras menos.



La mayor parte de la región norte (desde Guatemala a Nicaragua) puede presentar un descenso medio de precipitación de hasta 10% por año hasta el 2050, mientras que los países del sur (Costa Rica y Panamá) pueden presentar un aumento de las precipitaciones en 10%, aunque no todos los modelos están de acuerdo sobre cómo van a cambiar las precipitaciones en esta zona³².

Eventos extremos más intensos y frecuentes

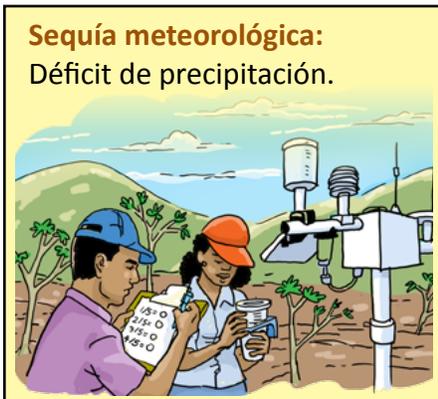
Cuando las condiciones climáticas se intensifican, se dan lo que conocemos como eventos climáticos extremos: olas de calor, sequías, inundaciones, tormentas tropicales, o huracanes. Los eventos extremos suceden de forma esporádica y suelen ser muy dañinos con los recursos y las personas de las poblaciones afectadas. Con el cambio climático

La compleja orografía montañosa de la región y su situación entre dos océanos, complica el modelaje del clima y las predicciones.

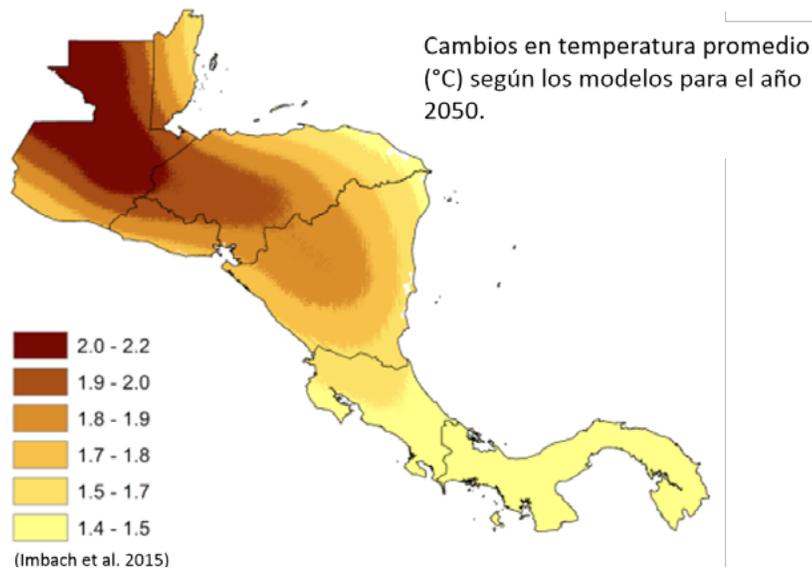
se esperan eventos extremos más fuertes y que afectarán por más tiempo en la región⁴⁷ y provocarán alteración de los ecosistemas, desorganización de la producción de alimentos y el suministro de agua, daños a la infraestructura y consecuencias para la salud y el bienestar humano³⁷.

Descripción y pronóstico de los eventos extremos más comunes en la región:

- **Sequía:** Periodo seco a causa de la falta prolongada de lluvias que provoca fallos en el balance hídrico³⁴. Históricamente, las áreas más vulnerables a sequía son el sur y oeste de Guatemala, oeste de Honduras y Nicaragua, noroeste de Costa Rica y la región Pacífica de Panamá^{6,39}. Las proyecciones de sequía muestran un aumento de la frecuencia y severidad de las sequías a futuro, principalmente desde el norte de Costa Rica hasta el norte de Guatemala²⁸.



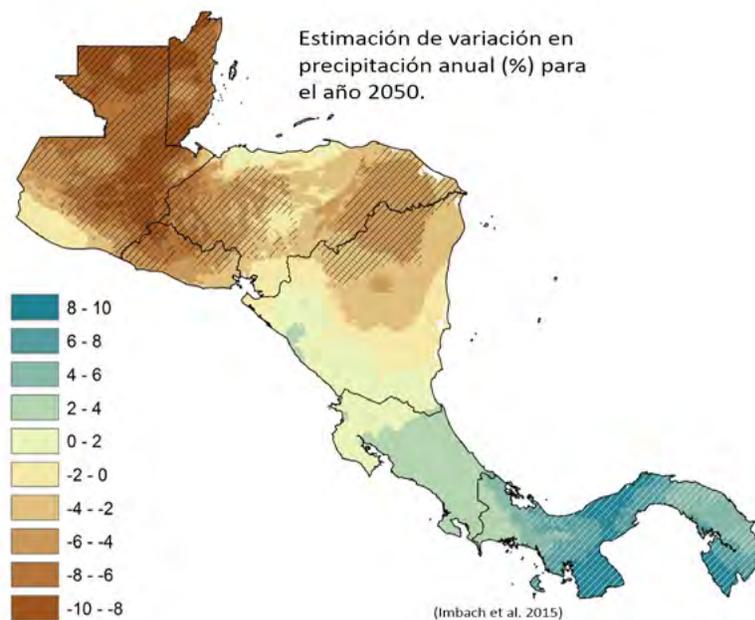
- **Tormentas tropicales:** episodios de lluvias muy fuertes provocados por corrientes de aire cargadas de humedad que entran por el Atlántico y provocan inundaciones, desprendimientos y otros daños a cultivos e infraestructura. En ocasiones vienen asociadas a huracanes. Es posible que en el futuro sean menos frecuentes pero más intensos³⁴.
- **Huracanes:** son corrientes circulares de aire a gran velocidad que provienen del océano atlántico y que tienen una trayectoria vertical. Los datos históricos muestran que América Central se ve muy afectado por los huracanes⁸, siendo el evento que causa el mayor número de víctimas¹⁸. Las proyecciones futuras muestran aumentos de huracanes tropicales que tocan la tierra en un 22 % en Centro América y las islas del Caribe¹³.
- **Olas de calor:** episodios de calor extremo y periodos con temperaturas superiores a lo normal; se espera que sean más frecuentes, largos e intensos en el futuro³⁴.



Sabia usted que...



- Este tipo de predicciones nos ayudan a tomar decisiones a medio y largo plazo, sin embargo, no nos sirven para tomar ciertas acciones del día a día en la agricultura, como en qué momento sembrar, qué variedad sembrar o qué tipo de fertilizante utilizar.



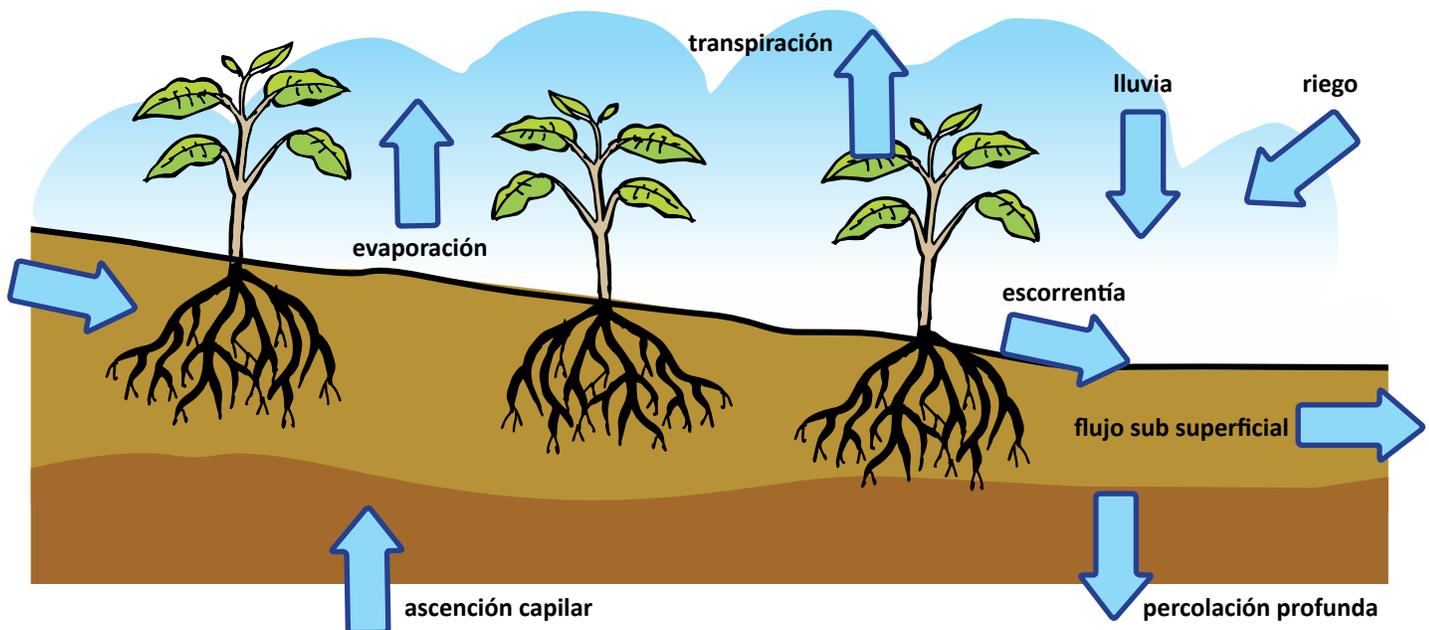
4. Impactos esperados en la región

El cambio climático impactará en todos los aspectos, desde la economía familiar y nacional, hasta la salud humana. Los efectos pueden ser directos, como la pérdida de producción debido a la falta de lluvia, o indirectos, como el aumento del precio de los alimentos en el mercado internacional debido a pérdidas de producción en los principales países productores.

a. Impactos esperados a nivel ambiental

A nivel ambiental, los cambios en temperatura y precipitación implicarán cambios en la eficacia de algunos procesos naturales y en el ciclo del agua. Algunos efectos esperados a largo plazo:

- **Plantas:** incremento de la evapotranspiración de las hojas en un 20%; el calor excesivo provocará mayor deshidratación foliar y en los bosques predominarán las especies espinosas o de hoja pequeña, como los cactus, más eficientes en el uso del agua³³, favoreciendo un cambio en la composición de los bosques.
- **Suelo:** reducción de humedad edáfica al incrementar la evaporación diaria⁵³, resultando en menos agua disponible para las plantas y para consumo humano, incrementando las situaciones de sequía agrícola. Procesos de degradación del suelo que pondrán en riesgo grandes áreas de producción agropecuaria¹⁵, la sostenibilidad de los bosques debido a un aumento de la presión sobre los recursos, la disponibilidad y calidad del agua debido al incremento de la sedimentación de ríos y embalses.
- **Agua:** disminución de la escorrentía en toda la región mesoamericana^{2,29,33}, reducción del caudal de los ríos, incremento del estrés hídrico y situaciones de escasez de agua en 2050³². Los países más afectados por la reducción de agua disponible serán Guatemala, Honduras y El Salvador⁴⁹.



flujos de agua entre suelo-planta-atmósfera

- **Energía:** disminución de la generación hidroeléctrica^[47], que es la principal fuente de energía renovable de la región, por la reducción de agua de escorrentía.

- **Ecosistemas naturales:** el cambio climático contribuirá a su degradación y favorecerá cambios en la estructura, composición y dinámica de los ecosistemas provocando el desplazamiento o la desaparición de especies animales y vegetales a nivel local, silvestres y domesticadas (agrícolas) que no logren acomodarse a los cambios de temperatura y patrones de lluvias. Esto deteriorará las fuentes de alimentos, recursos y bienes comercializables de las familias rurales, incrementando el riesgo de agravar los niveles de pobreza, malnutrición y hambre.
- **Costas y ecosistemas marino-costeros:** aumento del nivel del mar e inundaciones costeras, especialmente en el lado caribeño de Honduras, Costa Rica y Panamá⁴⁷. Aumento de la temperatura del mar, la erosión costera y la eutrofización (acumulación de nutrientes orgánicos o inorgánicos) de las aguas. Los efectos directos incluyen el blanqueamiento y muerte de los arrecifes de coral⁴⁷, y la consecuente reducción de pesquerías, el desplazamiento obligado de algunas poblaciones costeras a territorios más elevados y la salinización de algunas fuentes de agua dulce y suelos agrícolas, entre otros impactos.

Los impactos en el ambiente afectarán los sistemas productivos en la región. Se espera que la agricultura sea uno de los sectores que más sufra los efectos del cambio climático, especialmente la agricultura de pequeña escala debido a su elevada dependencia del clima (de las lluvias para irrigación, entre otros) y de los recursos naturales para la producción²¹. Veremos impactos específicos de cambio climático sobre los sistemas agrícolas en el módulo 2.

b. Impactos económicos y sociales

Economía

El cambio climático dañará la infraestructura social, económica, productiva y ambiental de los países, afectando seriamente la economía de la región¹¹. Se espera además que el cambio climático, junto con el impacto de los eventos climáticos extremos, llegue a provocar pérdidas y daños directos al 5-20% del PIB global⁶⁷.

En Latinoamérica, los 613 eventos extremos ocurridos entre 2000-2013 han afectado a 54 millones de personas y ha generado pérdidas económicas de 52 billones de dólares⁴⁷.

Salud humana

Según Smith y colaboradores⁶⁶, la salud humana es sensible a los cambios en los patrones del tiempo y a otros aspectos asociados al cambio climático. Algunos de los riesgos provienen de la dispersión de enfermedades transmitidas por mosquitos y a brotes de enfermedades infecciosas⁵⁸, favorecidas por los cambios del clima; enfermedades asociadas a estrés climático y a la falta de comida debido al impacto en la producción de alimentos (malnutrición y desnutrición). El efecto directo de los eventos climáticos extremos, especialmente de olas de calor y sequías, conlleva efectos en la salud humana por reducción del agua disponible para higiene, uso de fuentes de agua contaminadas y hambre, entre otros factores, además de muerte directa asociada a inundaciones, derrumbes o huracanes. El cambio climático comprometerá la seguridad alimentaria de millones de personas en el mundo¹⁹ y el acceso al agua⁶⁷, lo cual reducirá la productividad de las poblaciones vulnerables y el desarrollo de los niños.

Los mosquitos y los patógenos que transmiten dependen en gran medida de las condiciones ambientales. Se espera que con el cambio climático los mosquitos transmisores de enfermedades proliferen e incrementen su rango de geográfico⁵⁵, como en el caso de "Aedes aegypti", transmisor del dengue⁷.

Infraestructura



Lo más frecuente es que las infraestructuras sean afectadas por los impactos de los eventos climáticos extremos, como derrumbes, destrucción de redes eléctricas, etc. Se espera un aumento de daños sobre infraestructuras y bienes materiales como hogares, sistemas de comunicación, energía, industrias, sistemas productivos perennes y ganadería, ocasionando pérdidas a nivel familiar y en la economía nacional⁶⁷, especialmente si no se considera el cambio climático en la planificación.

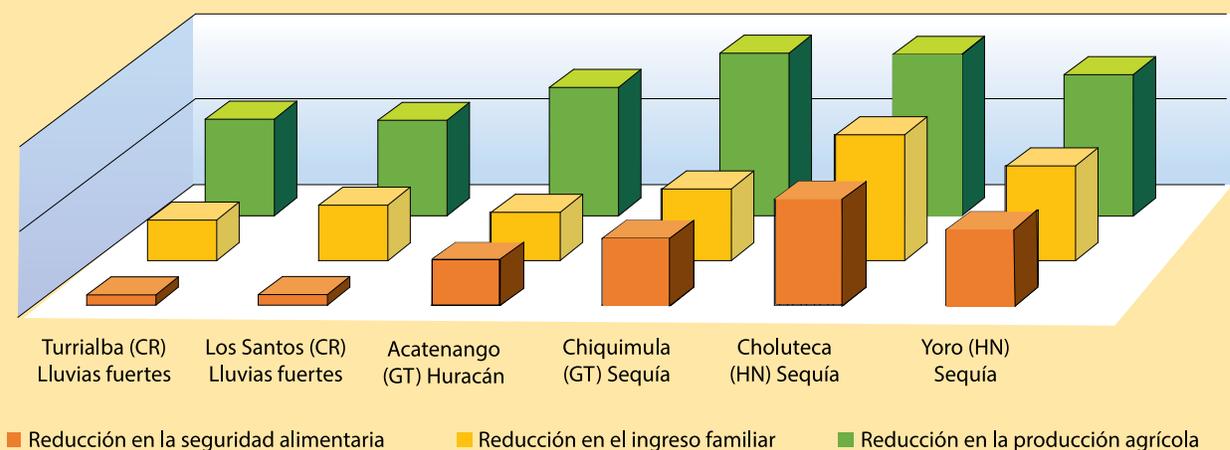
En octubre de 2015, el deslizamiento de un cerro a causa de las lluvias y la inestabilidad de la ladera, sepultó parte de la colonia de El Cambray, en Guatemala, provocando la muerte de cientos de vecinos y graves pérdidas de infraestructura.

Cuadro 1.5. Los productores centroamericanos ya están sufriendo impactos.

Para entender cómo ha afectado el cambio climático a los pequeños productores centroamericanos en la última década y para conocer los impactos de los eventos extremos sobre sus medios de vida, se realizó una encuesta a hogares en paisajes agrícolas de Guatemala, Honduras y Costa Rica en el marco del Proyecto CASCADA (<http://www.conservation.org/cascade-espanol>)

Se le preguntó a más de 900 productores por los eventos extremos que más les han impactado y, en específico, cómo afectó el evento más fuerte de los que sufrieron. En la gráfica vemos que el evento extremo principal es diferente entre paisajes: lluvias fuertes en los paisajes de Costa Rica, Huracán en Acatenango y sequía en el resto. La reducción en la producción tras el evento extremo más fuerte oscila entre el 50 y el 98% en promedio, esto hace que se reduzca el ingreso familiar entre el 25 y el 75% y que entre 5 y 60% de familias tengan inseguridad alimentaria debido al evento extremo.

Impactos sufridos por productores tras un evento extremo





Respecto a los impactos en cultivos específicos, el proyecto realizó entrevistas a 76 expertos. Los expertos en café coincidieron en un 75% en que la lluvia extrema es el evento que más ha afectado a los productores, así como las sequías (45%), variabilidad de precipitación (39%) y vientos extremos (39%). 41% de los expertos relacionaron la lluvia extrema con el surgimiento de enfermedades, 26% la relacionaron con daños al suelo (pérdida de fertilidad y erosión), 21% con derrumbes, y 18% con daños al grano. Por otra parte, la sequía se relacionó con cambios fenológicos en la planta (22%), el surgimiento de enfermedades (18%), floración inadecuada y aborto floral (13%).

5. Factores de vulnerabilidad al cambio climático

En la sección anterior hemos visto cómo el cambio climático está afectando la naturaleza y la economía, incluyendo la salud y los medios de vida de las personas. También hemos visto que las predicciones indican que los impactos serán más fuertes en el futuro, especialmente en la región centroamericana, por lo que debemos prepararnos como sociedad y tomar acciones para que los cultivos y los ecosistemas naturales estén preparados para afrontar de la mejor manera estos cambios y las condiciones futuras del clima. A continuación veremos algunos factores que hacen que la gente esté menos preparada para el cambio climático.

5.1. ¿Qué es la vulnerabilidad?

Vulnerabilidad se define como propensión o predisposición a ser afectado negativamente, en este caso, por los efectos del cambio climático³⁶. Incluye tres elementos fundamentales:

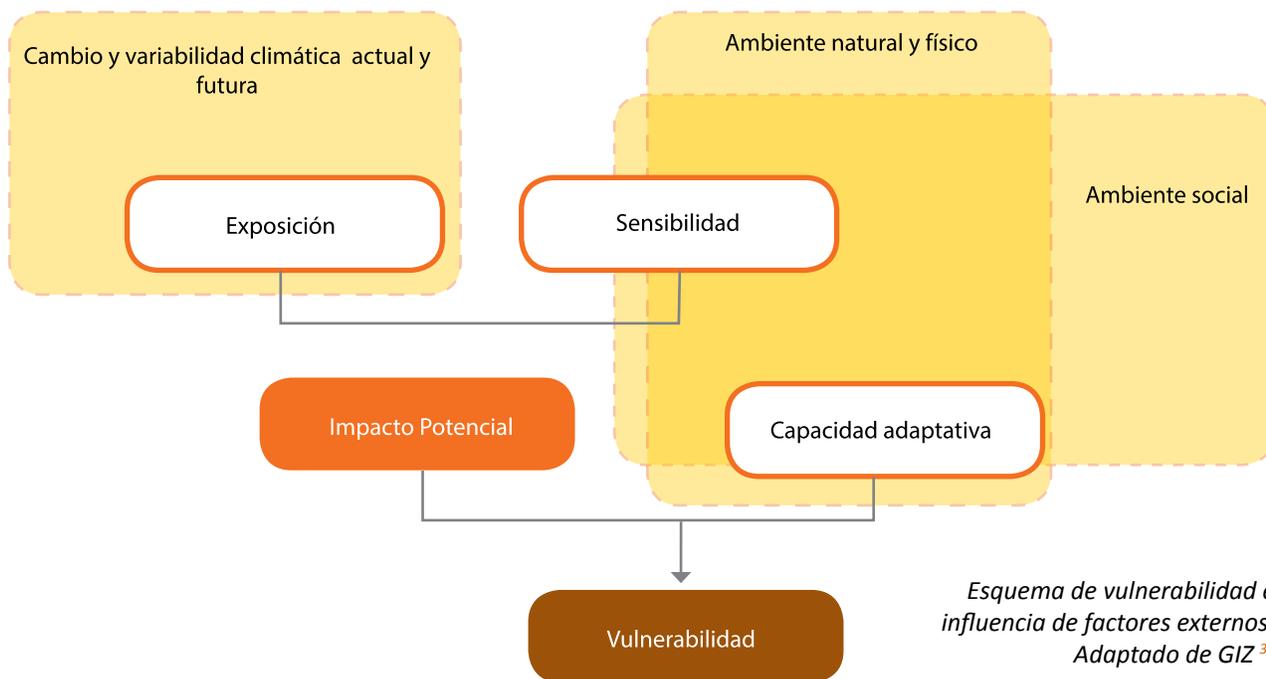
- **Exposición:** tipo y el grado en que un sistema está expuesto a variaciones climáticas importantes.
- **Sensibilidad** o susceptibilidad al daño, que es el grado en el cual un sistema o especie es afectado (positiva o negativamente) por estímulos relacionados con el clima (cambio o **variabilidad climática**). El efecto puede ser directo o indirecto.
- **Capacidad adaptativa (CA)** es la habilidad biológica o social de un sistema o individuo de ajustarse a un daño potencial moderado, sacar ventaja de las oportunidades o responder ante las consecuencias. La capacidad de moverse a otro lugar aumenta la capacidad adaptativa de muchos animales. En el caso de los sistemas agrícolas, el conocimiento de ciertas prácticas y la posibilidad de implementarlas incrementan la capacidad adaptativa de los productores; tener ahorros o pertenecer a una red social de apoyo pueden ayudar a recuperarse tras un impacto. Estudiaremos estas prácticas más adelante.

El Corredor Seco Centroamericano está expuesto a sequías, y el Caribe está expuesto a lluvias.

El café es sensible a los vientos extremos cuando está en flor; el frijol es más sensible a la sequía cuando está germinando.

El uso de la sombra en café amortigua el calor extremo, por lo que el café podrá ajustarse mejor al incremento de temperaturas.

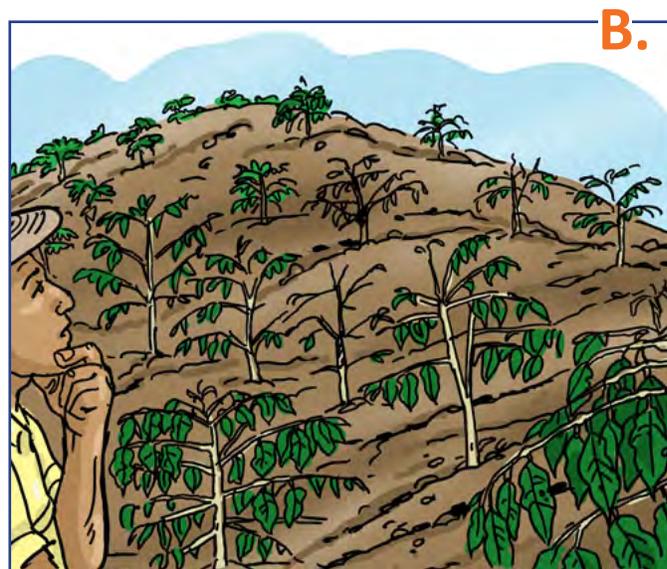
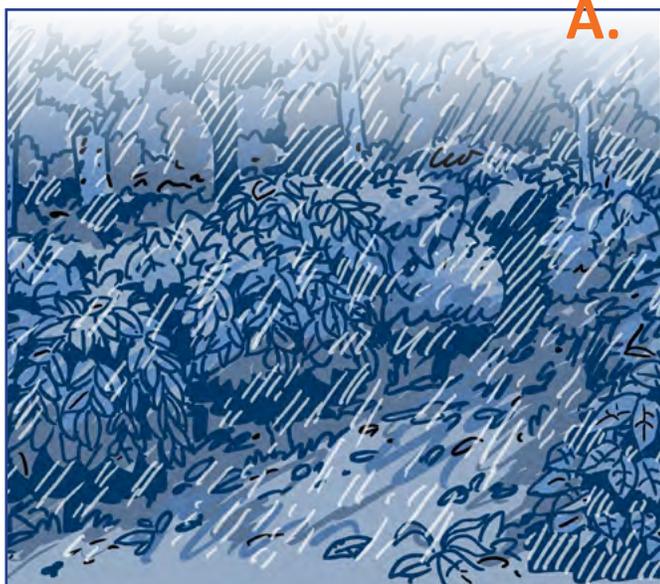




Es posible comparar la vulnerabilidad de dos sistemas en base a la valoración de la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de un sistema, comunidad o individuo. En el Anexo 1 verán un caso práctico de evaluación de capacidad adaptativa de comunidades agrícolas en la región.

Una finca de café A está en zona de paso de huracanes, es bastante plana y tiene sombra.

La finca de café B está en una zona con pocas variaciones climáticas, en un terreno con mucha pendiente y a pleno sol.



La finca A está más expuesta a eventos extremos (huracán), es menos sensible a lluvias fuertes y deslaves, y está más adaptada al potencial cambio del clima que la finca B, ya que la sombra ayuda a mantener el microclima más estable, retiene el suelo y puede proteger las plantas frente a huracanes.

5.2. La vulnerabilidad al cambio climático en Centro América

América Central es una de las regiones del mundo más vulnerables al cambio climático⁴⁴ por ser un **istmo** estrecho entre dos continentes, situado entre los océanos Pacífico y Atlántico; es una zona con una alta exposición al cambio climático y a los eventos extremos como huracanes, sequías y al fenómeno de El Niño. Entre 1995 y 2014 se registraron 88 eventos climáticos extremos en Guatemala, 73 en Honduras y 51 en Nicaragua⁴³. Algunos de los principales eventos climáticos extremos ocurridos en las últimas décadas en América Central son la sequía prolongada del 2014-2015, la **depresión tropical** 12E en el 2011, la tormenta tropical Agatha en el 2010, y el Huracán Mitch en 1998, siendo éste último uno de los huracanes más devastadores para la región centroamericana en los últimos tiempos.

Por otra parte, las características socioeconómicas centroamericanas contribuyen a la alta vulnerabilidad de la región. El crecimiento de la población, la urbanización acelerada de asentamientos humanos no planificados, falta de infraestructura bien planificada y de calidad, altos índices de desigualdad social, pobreza, economías dependientes de la agricultura y prácticas ambientales inadecuadas, son factores socioeconómicos que fomentan la vulnerabilidad y dan lugar a que los eventos extremos climáticos tengan un impacto aun mayor sobre las poblaciones²³. Otros aspectos, como el género o las consideraciones sociales y políticas con el involucramiento de población rural femenina, pueden favorecer efectos más negativos hacia este sector de la población¹⁶. Estos impactos tienen costos económicos muy altos sobre las economías de los países centroamericanos.

Los 11 eventos extremos ocurridos en 2008 en Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua generaron pérdidas de 13,6 mil millones de dólares⁹.

En base a las pérdidas humanas y económicas de los últimos años, el Índice Global de Riesgo Climático (CRI) indica que varios países de América Central se encuentran entre los más vulnerables al cambio climático a nivel mundial: Honduras ocupa el primer lugar, Nicaragua el puesto número 4 y Guatemala el número 10. Los países menos vulnerables de la región son Costa Rica (#75) y Panamá (#107)^{42,44}.



5.3. ¿Por qué es importante reducir la vulnerabilidad al cambio climático?

El cambio climático genera diversos impactos sobre las personas, sistemas productivos y ecosistemas naturales puesto que las dinámicas poblacionales humanas, de flora y de fauna están directamente vinculadas con el clima¹⁰. Para reducir el alcance y gravedad de los impactos del cambio climático, debemos reducir la vulnerabilidad de las poblaciones al cambio climático. Esto garantiza la preservación de los medios de vida y el bienestar de las personas⁴¹, los sistemas productivos²⁴ y los recursos y servicios que obtenemos de la naturaleza¹⁴. Podemos abordar la reducción de la vulnerabilidad analizando sus factores por separado.

a. Reducir sensibilidad

La sensibilidad no se puede cambiar fácilmente ya que es una característica propia del sistema; sin embargo, mantener a las personas y los ecosistemas en un buen estado de salud hace que estos tengan menor sensibilidad a sufrir los impactos. Por ejemplo, la mejora genética puede reducir la sensibilidad del cultivo del frijol al extremo de calor, sequía o exceso de humedad^{4,5}. La diversificación reduce la sensibilidad del productor ya que al incrementar el número de componentes (cultivos, productos o actividades económicas), obtiene alternativas que son sensibles en diferente grado y a diferente impacto⁶².

b. Mejorar la capacidad adaptativa

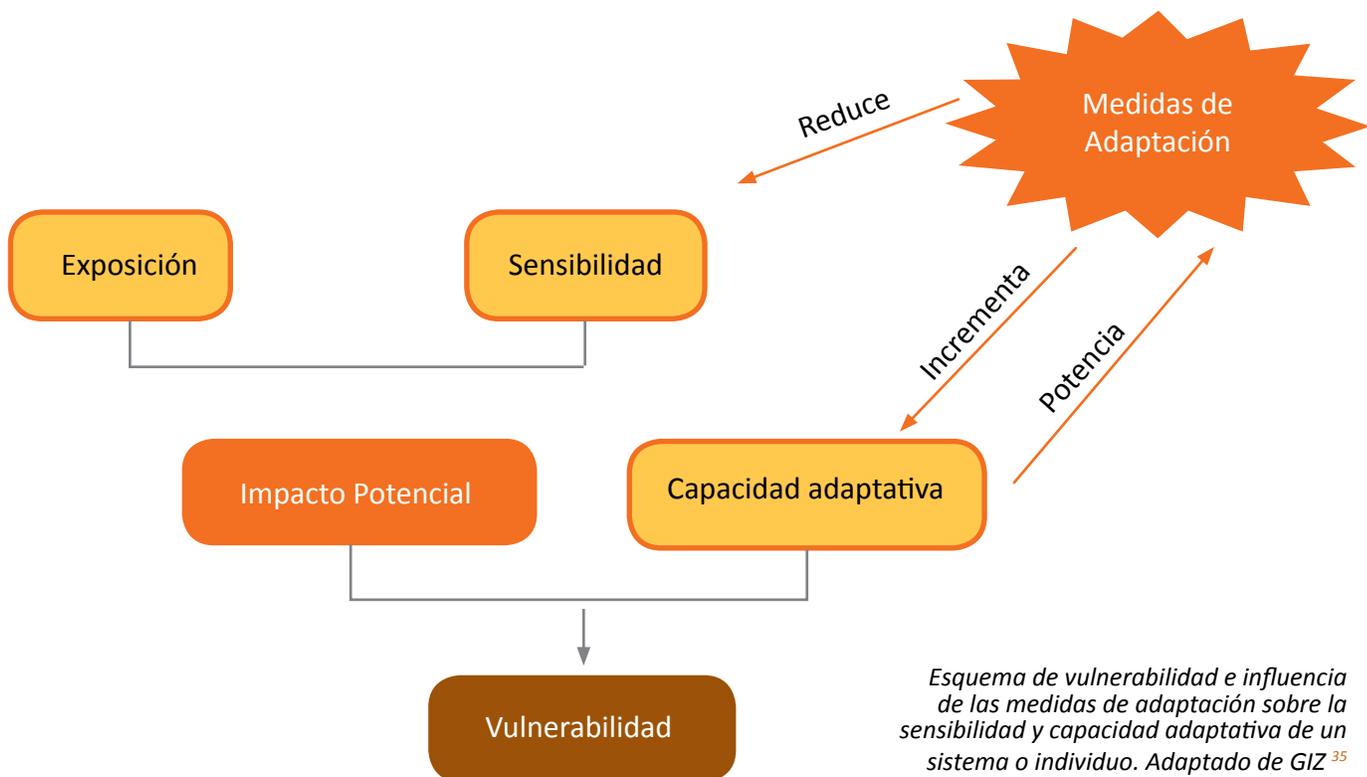
Mejorar la capacidad adaptativa reduce directamente la vulnerabilidad de un sistema, ya que proporciona resistencia frente a **perturbaciones**, proveyendo de capacidad para recuperar el estado que se tenía antes del impacto con el mínimo esfuerzo y las mínimas pérdidas. Tomar acciones frente a los impactos esperados (de forma previa) o sufridos (de forma reactiva) es la manifestación de la capacidad adaptativa, que permite reducir la vulnerabilidad al moderar daños potenciales y crear nuevas oportunidades. La capacidad adaptativa de un sistema es dinámica y está influenciada por determinantes locales, socioeconómicos, políticos e institucionales⁶⁵.

En la naturaleza, hay animales especialistas y animales generalistas. Los animales generalistas tienen mayor capacidad de adaptarse ya que pueden desenvolverse en distintos ambientes y sus posibilidades de alimentación son más variadas que las de animales especialistas, que generalmente viven en sistemas con condiciones determinadas.

La planificación puede reducir el número de muertes ocasionadas por los eventos climáticos extremos e incrementar la seguridad física y económica²⁵

Si se mezclan dos cultivos, uno susceptible a la sequía y otro susceptible a lluvias fuertes, es muy poco probable que los dos sean afectados al mismo tiempo, por lo que la sensibilidad total se reduce por medio de la diversificación, pero puede reducirse también con otras buenas prácticas.





c. Incrementar la resiliencia climática

Resiliencia es la capacidad de un sistema de regresar a su estado tras un disturbio, en este caso, un impacto climático³⁸. Depende de la capacidad adaptativa de un sistema y de los recursos que posee⁴⁶.

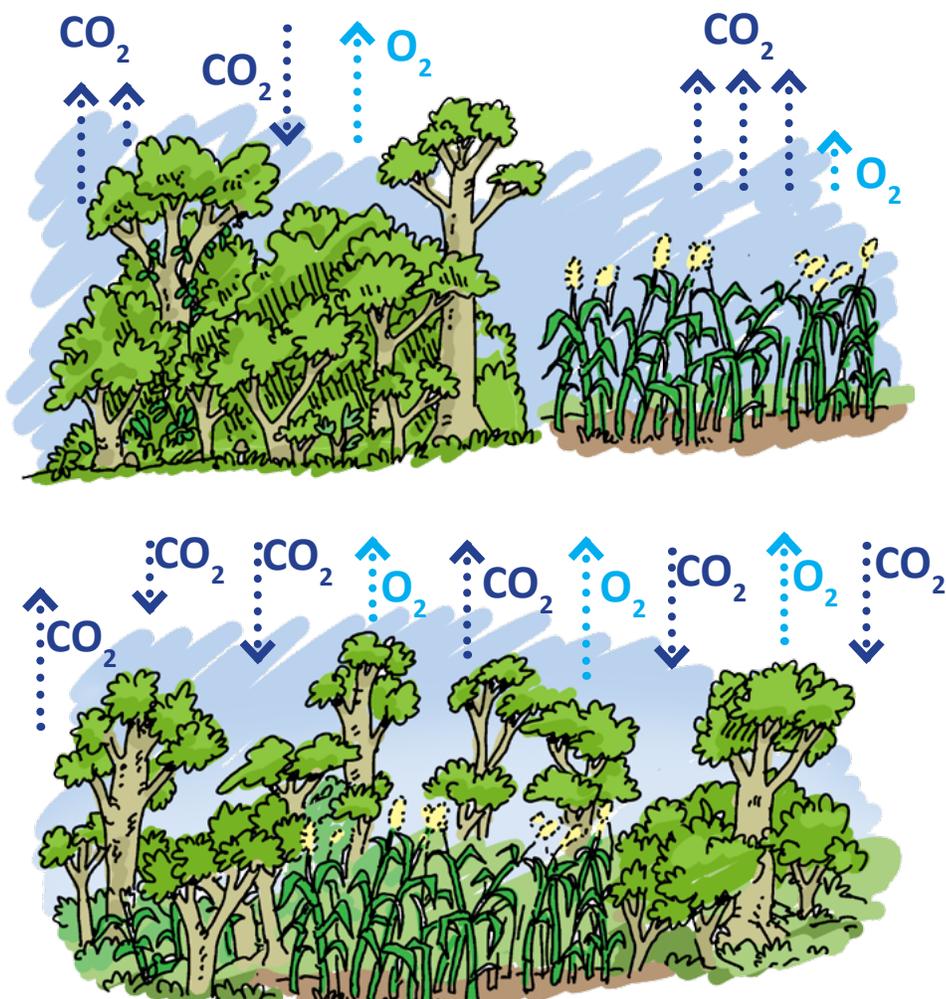
La **resiliencia** en sistemas ecológicos está representada por productividad primaria neta, mantenimiento de **biomasa y biodiversidad** y estabilidad de los ciclos hidrológicos, mientras que en sistemas sociales consiste en la estabilidad de las relaciones sociales, el mantenimiento del capital social y la prosperidad económica⁴⁵. Mantener la diversidad y la abundancia biológica, mantener la **conectividad** de los ecosistemas, fomentar el aprendizaje, la participación y los sistemas de **gobernanza policéntricos** son prácticas que contribuyen a crear resiliencia⁶⁴.

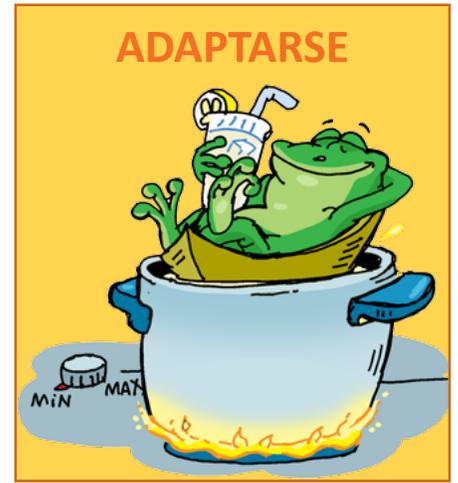
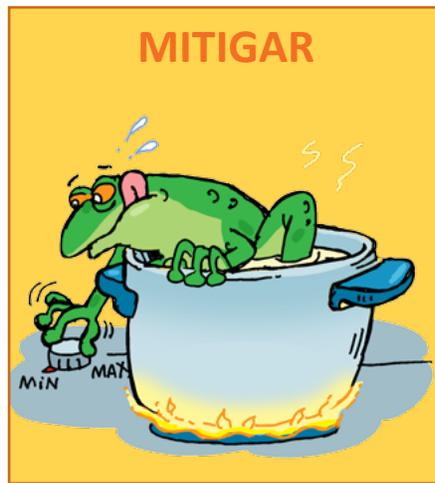
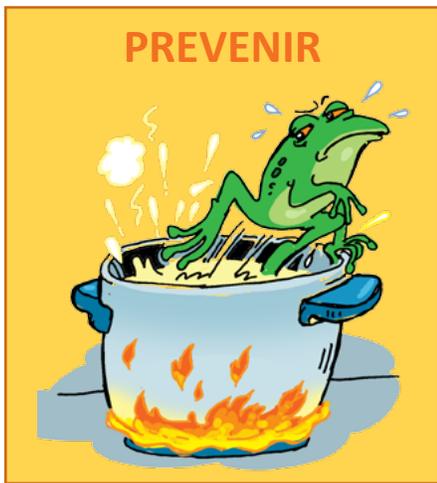
Los sistemas de pastoreo rotativo y el complemento con bancos de forraje aumentan la resiliencia a las sequías en los sistemas de producción pecuaria³, ya que mantienen los pastos mejor conservados por menor presión de pastoreo y proporcionan una alternativa nutritiva en caso de escasez.

6. Acciones frente al cambio climático: Introducción a mitigación y adaptación

Las actividades humanas contribuyen al calentamiento de la tierra en mayor o menor medida. La agricultura genera emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) con algunas de sus prácticas, especialmente con la producción y uso excesivo de agroquímicos, el uso de combustible para la maquinaria y el transporte de la producción al mercado internacional, indirectamente por los cambios de uso del suelo (de bosque a pastizal, o de bosque a monocultivo), por las emisiones de metano de los sistemas digestivos del ganado y el estiércol depositado en el campo. A nivel mundial la agricultura emite el 13.7% de los GEI⁶⁸, y contribuye a otros 7-14% por medio de la deforestación^{26,31}. Además de ser parte del problema, la agricultura puede ser parte de la solución si se implementan buenas prácticas agrícolas y un manejo sostenible. Estas medidas se explorarán más adelante.

El calentamiento y las consecuencias del cambio climático continuarán durante los próximos siglos aunque detengamos las emisiones de GEI³⁹, debido a que estos gases permanecen en la atmósfera durante un tiempo determinado, que varía para cada gas, por ejemplo gran parte del CO_2 se elimina de la atmósfera en 200 años, pero otra parte puede permanecer en la atmósfera durante miles de años (IPCC³⁹), según el **tiempo de vida** de cada gas. Esto no significa que no hay nada que podamos hacer, al contrario, todos podemos formar parte de la solución con nuestras acciones. Los gases seguirán calentando, pero cuantos menos gases emitamos, menor será el cambio en el futuro, por lo que reducir los gases o lo que contaminamos cada uno es muy relevante; a esto llamamos **MITIGACIÓN** del cambio climático. Sin embargo, por muchos esfuerzos que hagamos en reducir la contaminación, no debemos olvidarnos de que el clima está cambiando y cambiará más en el futuro, por lo que debemos acostumbrarnos a las nuevas condiciones para minimizar las consecuencias; a esto llamamos **ADAPTACIÓN** al cambio climático. Adaptación y mitigación son las acciones que podemos hacer en la actualidad para reducir los impactos del cambio climático en un futuro cercano.





Acciones posibles frente al cambio climático.

Consideramos como **mitigación** del cambio climático cualquier intervención realizada por los humanos con el objetivo de reducir las emisiones de GEI o de reducir los gases almacenados en la atmósfera por medio de lo que llamamos “sumideros de carbono”³⁷. También se considera mitigación a evitar la deforestación y degradación de la tierra por cambios de uso del suelo²⁷, por la contribución de los sumideros de carbono a la mitigación. En general la mitigación está orientada a reducir la emisión de los gases de efecto invernadero, los cuales son los causantes del cambio climático, y a aumentar el carbono retenido en los sumideros (bosques, plantaciones en crecimiento), contribuyendo así a reducir la concentración de gases dañinos en la atmósfera.

En cambio, la **adaptación** al cambio climático se refiere a la capacidad de acomodarse de los sistemas naturales o humanos como respuesta a estímulos climáticos reales o esperados o a sus efectos. Esa capacidad de acomodarse mitiga el daño o aprovecha las oportunidades beneficiosas³⁷. Las acciones adaptativas tratan de responder a los cambios y anticiparse a los efectos.

Las refrigeradoras de bajo consumo son electrodomésticos eficientes en el uso de la energía, que emiten menos GEI que las refrigeradoras convencionales, contribuyendo a mitigar el cambio climático.

Algunas especies animales se han adaptado a vivir entre los humanos, como los zorros, que se alimentan de desperdicios y basuras, esto hace que puedan obtener más recursos para sobrevivir que los animales que viven en ecosistemas naturales, y sus poblaciones han aumentado notablemente. Usar semillas de variedades agrícolas mejoradas puede ser una estrategia de adaptación en agricultura.



Cuadro 1.5. La planificación para el cambio

“Aunque 2° C no parezca una diferencia muy grande, existe consenso entre los científicos acerca de que dos grados de aumento tiene serias consecuencias, tales como el incremento de los eventos extremos del clima, exponiendo a las comunidades, sus medios de vida, sus cultivos a sus impactos”³⁸. La diferencia entre 1.5° y 2°C incrementará en un tercio los impactos del cambio climático⁶³.

Muchos de estos fenómenos ya se están sufriendo en Centro América y existen algunas experiencias exitosas basadas en una buena planificación. No hay recetas para la buena planificación, se requiere un buen conocimiento de la zona, el cultivo y episodios anteriores de eventos climáticos, así como acceso a información completa, detallada y actualizada del clima y los pronósticos a corto plazo.

Como técnicos, ustedes tienen la capacidad y oportunidad de ayudar a los productores a mejorar su planificación, proporcionándoles la información más adecuada. Veremos algunas herramientas que les ayudarán a mejorar la planificación.

Ejemplo: La Mancomunidad Copanch’ Orti’, localizada en el Corredor Seco Centroamericano, al Sur-Este de Guatemala, ha implementado un modelo territorial de adaptación climática con el fin de aumentar la resiliencia con prácticas sostenibles de manejo del capital natural. El modelo actúa sobre el fortalecimiento institucional, las necesidades de la población en términos alimentarios y comerciales, y la dinamización de la economía y empleo⁴⁸.



7 Mensajes clave, alternativas y respuestas posibles

Es importante hacerse a la idea de que el cambio climático es real y de que va a impactar de varias formas, a nivel global, regional, nacional, local y a nivel familiar. Estas son algunas de las ideas clave de este módulo con las que seguiremos trabajando a continuación:

- Siempre ha habido cambios en el clima sin embargo... en la actualidad el clima está cambiando a nivel global de forma más rápida, progresiva e irreversible, y las predicciones indican que América Central será una de las regiones más afectadas.
- En América Central se espera que para el año 2050 haya un aumento de temperatura promedio de 2°C, una reducción en la cantidad de precipitación que no se puede precisar con seguridad y un cambio en los patrones de lluvia (estacionalidad y forma en que llueve).
- También se espera que en el futuro cercano la región sea impactada por más eventos extremos, en concreto el corredor seco experimentará sequías largas e intensas mientras que en la vertiente Caribe se esperan más eventos de lluvias fuertes e inundaciones.
- Los impactos tendrán consecuencias económicas, ecológicas y sociales. La agricultura será uno de los sectores más afectados por el cambio climático dado que depende de los recursos naturales: agua y suelo entre otros.
- La capacidad adaptativa y la reducción de la sensibilidad contribuye a reducir la vulnerabilidad al cambio climático, y aumenta la resiliencia de los sistemas.
- La mitigación del cambio climático ayuda a reducir la magnitud de los cambios, y la adaptación permite reducir los impactos de los cambios; son acciones complementarias.
- Muchas opciones de adaptación y mitigación pueden contribuir a afrontar el cambio climático, pero ninguna de ellas basta por sí sola. Para que la implementación de las opciones sea efectiva, se necesitan políticas y cooperación en todas las escalas; y para fortalecerla, se requieren respuestas integradas que vinculen la adaptación y la mitigación con otros objetivos sociales.



El uso de distintas variedades puede ayudarnos a reducir el impacto del cambio climático en las cosechas

En los siguientes módulos veremos cómo impactará el cambio climático a la agricultura, especialmente a la producción de café y granos básicos en la región, así como ciertas prácticas y estrategias que pueden ayudarnos a estar preparados para los cambios y sus consecuencias. Veremos qué podemos hacer a nivel personal, finca y comunidad, y cómo hacerlo para evitar o reducir los efectos del cambio climático en los cultivos y en los medios de vida.

Anexo I

Caso práctico de evaluación de capacidad adaptativa en la región

Evaluación de la capacidad adaptativa en base a sus componentes

Evaluar la Capacidad Adaptativa (CA) de sistemas o comunidades refleja su situación socioeconómica y ambiental, determina qué tanto es capaz de hacer frente a los disturbios provocados por el clima, y permite establecer prioridades de intervención⁵¹. La evaluación de CA puede realizarse a partir de información local y de datos oficiales a nivel nacional como el Producto Interno Bruto (PIB), criterios e indicadores diseñados para el cálculo de la capacidad adaptativa.



La formación continua y la transferencia de conocimientos a los productores son de gran importancia frente a los cambios a los que nos enfrentamos.

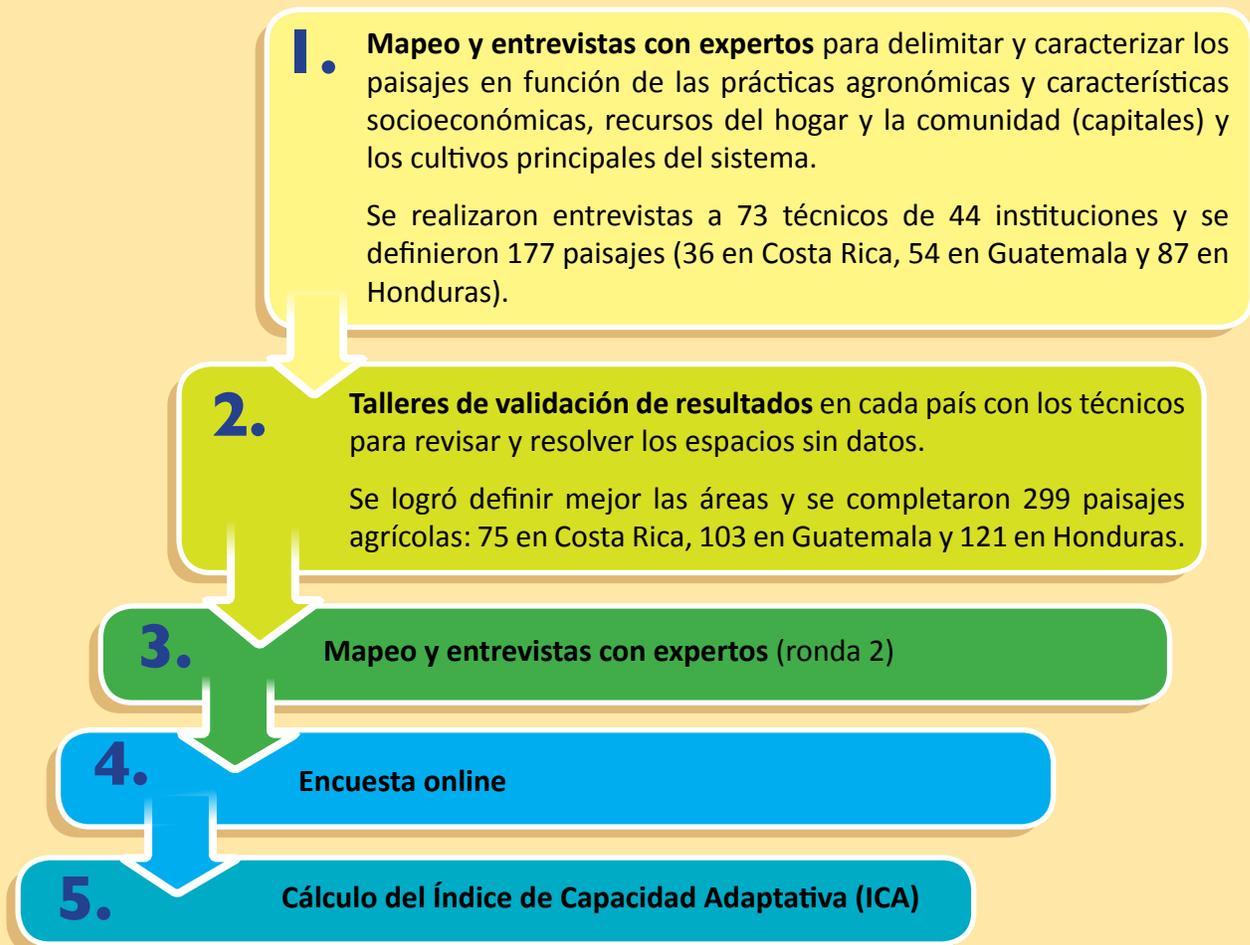
Las limitaciones que determinan la capacidad adaptativa dependen de los recursos comunitarios o “**capitales de la comunidad**”²². La CA (individual o colectiva) puede medirse como los recursos base (o medios de vida) de los que dispone la gente, que se representan comúnmente como un pentágono conformado por 5 categorías o “capitales de la comunidad”^{12,17,20}:

- **Capital humano (capacidades y trabajo)**: Educación, conocimientos, habilidades, capacitación, mano de obra, estado de salud y nutricional.
- **Capital natural (recursos naturales)**: Acceso a la tierra, agua, bosques y otros recursos naturales, salud del suelo, pureza del agua, biodiversidad, etc.
- **Capital social (redes sociales)**: Normas y tradiciones de la comunidad, redes de apoyo, reciprocidad, confianza, organización comunitaria, etc.

- **Capital físico (bienes físicos reproducibles):** Casas, vehículos, maquinaria, ganado, herramientas, infraestructura y otros recursos construidos o productivos.
- **Capital financiero (recursos económicos):** Ahorros, seguro médico, acceso a créditos, acceso a otras fuentes de ingresos.
- En ocasiones se incluye el **Capital político**, como medida de influencia en los procesos de gobernanza, demanda de asistencia tras impacto, etc. La influencia política e institucional se considera también como factor externo que influye en los capitales por medio de leyes, apoyo, etc.
- Además, existe el **Capital cultural**, que se refiere a la identidad territorial, tradiciones, costumbres, conocimiento ancestral, etc.²².

Cuadro I.6. Evaluación de la capacidad adaptativa de los pequeños productores en Guatemala, Honduras y Costa Rica en el marco del proyecto CASCADA.

Entre 2013 y 2014, se realizó un mapeo participativo en Guatemala, Honduras y Costa Rica con el objetivo de definir los paisajes agrícolas existentes y establecer una clasificación a escala sub-nacional de la capacidad adaptativa de los pequeños productores, en base a sus recursos o “capitales”. El estudio se desarrolló en el marco del proyecto CASCADA y fue implementado por CATIE y Conservación Internacional.



Se valoraron 20 variables representativas de los 5 capitales y su contribución a una capacidad adaptativa alta o baja. Se estandarizaron los resultados de los tres paisajes y se excluyeron paisajes con poca información. Se calcularon rangos de CA entre 0 y 5, para cada tipo de sistema agrícola productivo en cada paisaje.

Se obtuvo el índice de capacidad adaptativa para 249 paisajes (83%).

Resultados generales:

Sabía usted que...

Llamamos **paisaje** a una zona delimitada donde el uso del suelo, la producción agrícola y las prácticas utilizadas son diferentes de las áreas de alrededor.

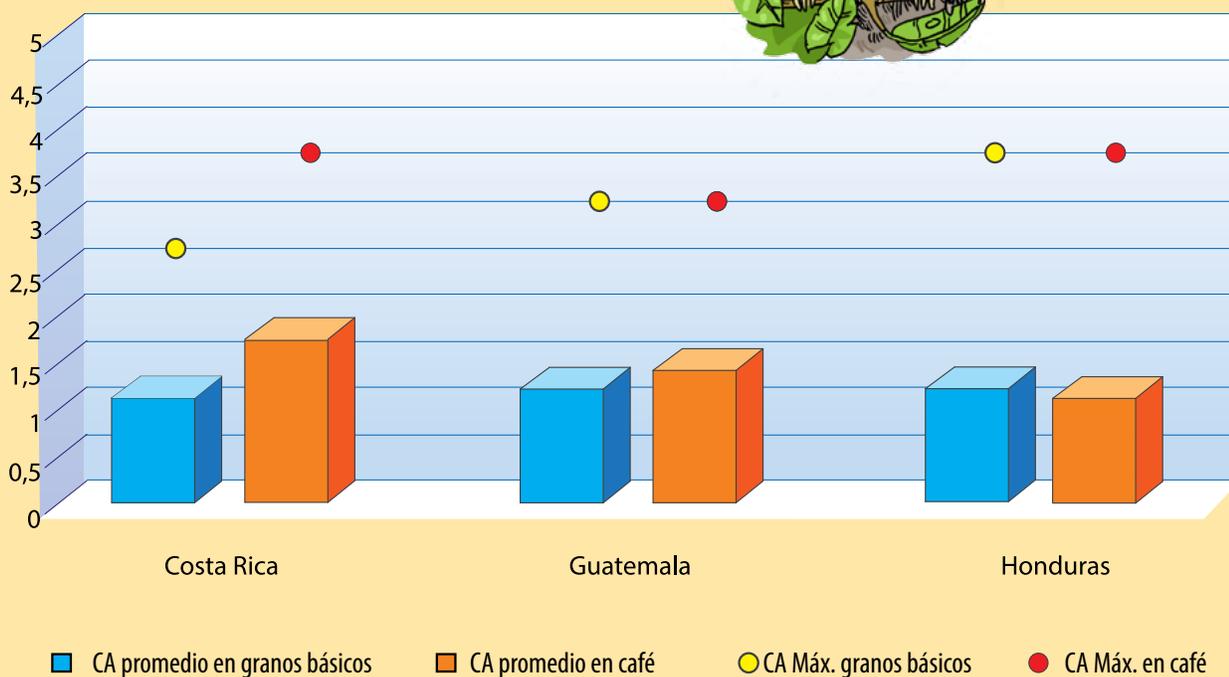
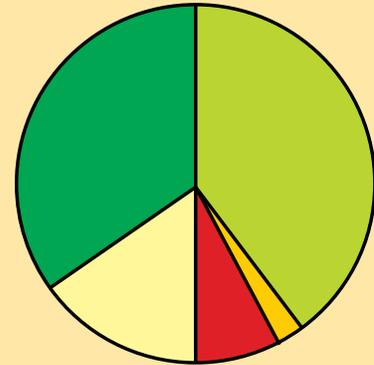




Imagen 1. Valoración de los elementos de la capacidad adaptativa para el paisaje de Turrialba en Costa Rica. Los valores más cercanos al centro indican los aspectos más débiles que enfrentan los productores (acceso a mercados, disponibilidad a cambiar de cultivo, etc.), y los exteriores las fortalezas (asistencia técnica, acceso a activos, etc.). En el caso de Turrialba, los productores presentan alta disponibilidad de mano de obra, acceso a asistencia técnica y alto índice de Gini de distribución de la tierra, entre otros aspectos, pero tienen problemas con el acceso a mercados diferenciados o para cambiar sus cultivos por otros más eficientes o con mejor precio de mercado. Proyecto CASCADA.

Rango de Capacidad Adaptativa

Autoconsumo	Café
1.5 Baja	1 Baja



Capacidad Adaptativa por capitales

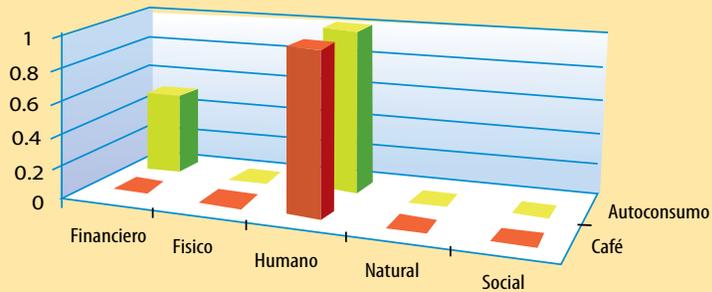


Imagen 2. En la Región Sur de Honduras, hay varios cultivos principales. En el caso de los granos básicos se considera que tiene una capacidad adaptativa baja (1.5) ya que los recursos físico, social y natural son prácticamente inexistentes, el financiero es medio y el humano es alto. En el caso del café en esa misma área, vemos que también tiene capacidad adaptativa baja (1) pero además no tienen facilidades u oportunidades financieras como en el caso del cultivo de granos básicos.

9. Glosario

Adaptación: Ajuste de los sistemas naturales o humanos en respuesta a estímulos climáticos reales o esperados, o a sus efectos, que pueden reducir el daño o incluso generar beneficios.

Antroposfera: Parte del ambiente físico que resulta de la actividad antrópica (humana), especialmente los asentamientos humanos y las estructuras.

Atmósfera: Es la cubierta gaseosa que rodea la tierra. Está compuesta principalmente por gases como el Nitrógeno y el Oxígeno, junto con otros gases como el Dióxido de Carbono y el Ozono.

Bioma: Es un conjunto de ecosistemas, tales como los bosques, ríos, estanques y pantanos de una región. Se caracterizan por tener comunidades vegetales y animales típicas.

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).

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.

Biósfera: Parte del sistema terrestre que comprende todos los ecosistemas y organismos vivos en la atmósfera, en la tierra (biosfera terrestre), o en los océanos (biosfera marina), incluida materia orgánica muerta derivada (por ejemplo, basura, materia orgánica en suelos y desechos oceánicos).

Cambios antropogénicos: Se refiere a los cambios o alteraciones que son resultantes o producidos por la actividad humana.

Calentamiento global: Se refiere al aumento gradual de las temperaturas de la atmósfera y de los océanos de la Tierra que se ha detectado en la actualidad y que se espera que siga en aumento en el futuro.

Capitales de la comunidad: Se refiere a todos los recursos que posee una comunidad de personas, que pueden ser recursos consumidos, almacenados y ser reinvertidos para crear más recursos. Los capitales de la comunidad se pueden clasificar en Humanos (capital social, capital humano, capital cultural, capital político) y Materiales (capital natural, capital financiero y capital construido).

Conectividad: En el ámbito ecológico, se define conectividad como la capacidad que tiene una población o conjunto de poblaciones de una especie para relacionarse con individuos de otra población a través de un paisaje o territorio fragmentado. O también puede definirse como la capacidad de conexión entre ecosistemas similares en un paisaje fragmentado.

Criosfera: Regiones sobre la superficie terrestre y oceánica en las que el agua se encuentra en estado sólido (hielo, nieve, glaciares, etc.) y el terreno congelado (incluido el permafrost).

Depresión tropical: Se refiere a un ciclón tropical de menor intensidad que una tormenta tropical y un huracán.

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 natural: 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.

Emisiones: En el contexto de cambio climático, se entiende por emisiones la liberación de gases de efecto invernadero y sus precursores y aerosoles en la atmósfera, en una zona y un período de tiempo específicos.

Eutrofización: Proceso por el que un cuerpo de agua (a menudo poco profundo) se enriquece o se satura (ya sea de forma natural o por contaminación) de nutrientes disueltos, ocasionando una disminución del oxígeno disuelto en el cuerpo de agua.

Evapotranspiración: Proceso combinado entre la evaporación de la superficie terrestre con la transpiración de la vegetación.

Eventos climáticos extremos: Son fenómenos meteorológicos “raros” en un lugar y época del año determinados. Aunque las definiciones de raro son diversas, la rareza normal de un fenómeno meteorológico extremo sería igual o superior a los percentiles 10 o 90 de la estimación de la función de densidad de probabilidad observada. Estos eventos generan impactos muy grandes sobre las poblaciones, las actividades productivas y las economías. Un ejemplo de eventos extremos son los huracanes y las sequías.

Geosfera: Parte de la Tierra en la que habitan los seres vivos; comprende la atmósfera, la hidrosfera y la parte externa de la litosfera.

Gobernanza: Ejercicio de autoridad política y económica-administrativa en la gestión de los asuntos de un país, región o área, en todos los planos, incluyendo mecanismos, procesos e instituciones con los cuales los ciudadanos expresan sus intereses, ejercen sus derechos, cumplen sus obligaciones y resuelven sus diferencias.

Gobernanza policéntrica: Se refiere a un sistema de gobernanza donde existen múltiples centros de toma de decisiones relativamente independientes, donde los actores interactúan entre sí en diferentes niveles de gobierno, creando las reglas formales o informales de funcionamiento, logrando de esta forma un mayor grado de adaptabilidad y robustez del sistema.

Hidrosfera: Componente del sistema climático que consta de superficie líquida y aguas subterráneas, como los océanos, mares, ríos, lagos de agua dulce, aguas subterráneas, etc.

Humedad: Determina la cantidad de vapor de agua en el aire, puede ser absoluta o relativa y se mide en gramos de agua por kilogramo de aire (g/kg). La humedad procede de la evaporación de agua de la superficie de la tierra u océanos y es lo que genera las nubes cuando se enfría y asciende en la atmósfera, y posteriormente se transforma en lluvia.

Incertidumbre: Estado de conocimiento incompleto que puede deberse a una falta de información o a un desacuerdo con respecto a lo que es conocido o que se puede llegar a conocer. Puede reflejar diversos tipos de situaciones, desde la imprecisión en los datos hasta una definición ambigua de un concepto o término, o una proyección incierta de la conducta humana.

Índice Global de Riesgo Climático (CRI): Es un índice desarrollado por la organización Watch y que analiza de forma cuantitativa los impactos generados por los eventos climáticos extremos, a través del recuento de muertes y pérdidas monetarias que éstos ocasionan para varios países del mundo en un período de tiempo determinado, el último periodo evaluado al presente es 1995-2014.

Insolación: Es la cantidad de radiación solar que llega a la Tierra en función de la latitud y de la estación, que determinan la inclinación de la tierra y la distancia de esta al sol.

IPCC: Es el Panel Intergubernamental del Cambio Climático y es una organización internacional creada por la Organización de las Naciones Unidas. Se encuentra conformada por un grupo de expertos sobre temas climáticos de diversos países. Su función es realizar investigaciones científicas sobre el riesgo al cambio climático provocado por la actividad humana y compartir los resultados con la sociedad.

Istmo: Franja alargada y estrecha de terreno que une a través del mar, dos áreas mayores de tierra, en general con orillas a ambos lados.

Mapeo participativo: Es una modalidad de registrar en forma gráfica y participativa, los diferentes componentes de una unidad en estudio (comunidad, finca, etc), con el objetivo de ubicarlos y describirlos en el espacio y en el tiempo, así como también documentar las percepciones que los pobladores locales tienen sobre el estado, su distribución y manejo.

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

Mitigación: Intervención antropogénica para reducir las fuentes o mejorar los sumideros de gases de efecto invernadero.

Modelos climáticos: Representación numérica del sistema climático basada en las propiedades físicas, químicas y biológicas de sus componentes, en sus interacciones y en sus procesos de retroalimentación.

Perturbaciones climáticas: Se refieren a interrupciones significativas en cualquier sistema natural ocasionadas por cambios abruptos en el sistema climático.

Predicción o pronóstico climático: Una predicción climática o pronóstico climático es una estimación de la evolución real del clima en el futuro en base a datos del sistema climático en el pasado y de factores externos

Precipitación: Es cualquier forma agua que cae del cielo y llega a la superficie terrestre. Incluye lluvia, llovizna y granizo.

Presión atmosférica: Presión que ejerce la atmósfera sobre la superficie de la tierra.

Potencial: Que no se manifiesta o no existe pero tiene la posibilidad de ser, de manifestarse o de existir en un futuro.

Radiación solar: Radiación electromagnética emitida por el sol. Cuando se compara con la radiación terrestre, se suele denominar radiación de onda corta.

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.

Sistema climático: Sistema muy complejo que consta de cinco componentes principales: atmósfera, hidrosfera, criosfera, litosfera y biosfera, y de las interacciones entre ellos. El sistema climático evoluciona en el tiempo bajo la influencia de su propia dinámica interna y por efecto de forzamientos externos, como las erupciones volcánicas o las variaciones solares, y de forzamientos antropógenos, como el cambio de composición de la atmósfera o el cambio de uso del suelo.

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.

Superficie terrestre: Se refiere a la parte más superficial o formación geológica superficial de la denominada corteza terrestre, cuya parte más importante es el suelo.

Susceptible: Condición de tener predisposición a ser influenciado o afectado por algún organismo o elemento.

Temperatura: Se refiere a la temperatura del aire medida en una superficie terrestre a 1.5 m de altura sobre el terreno.

Tiempo de vida de un gas en la atmósfera: Se refiere al periodo de tiempo específico en que cada gas se mantiene en la atmósfera y reacciona con otros gases, contribuyendo al calentamiento.

Variabilidad climática: Se refiere a las variaciones de las condiciones normales o promedio de clima, y es representado mediante estadísticas (desviación típica, sucesos extremos, etc.) a escalas espaciales y temporales más amplias que las de los fenómenos meteorológicos. La variabilidad puede deberse a procesos internos naturales del sistema climático (variabilidad interna) o a variaciones del forzamiento externo natural o antropógeno (variabilidad externa).

Zona climática: Es una extensión de determinado territorio terrestre que presenta un clima predominante, el cual estará determinado por su temperatura, precipitaciones, vientos, vegetación, relieve, entre otros factores.

Zonas intertropicales: Franja del planeta que se ubica entre los trópicos de Cáncer (23° N) y de Capricornio (23° S).

10. Bibliografía

1. Aguilar E, Peterson TC, Ramí P, Frutos R, Retana JA, et al. 2005. Changes in precipitation and temperature extremes in central america and northern south america , 1961 – 2003. . 110:1–15
2. Arnell NW, Gosling SN. 2013. The impacts of climate change on river flow regimes at the global scale. *J. Hydrol.* 486:351–64
3. Banco Mundial, CIAT, CATIE. 2015. Agricultura climáticamente inteligente en Costa Rica. Serie de perfiles nacionales de agricultura climáticamente inteligente para América Latina. Washington D.C.: Grupo del Banco Mundial
4. Beebe S, Ramirez J, Jarvis A, Rao IM, Mosquera G, et al. 2011. Genetic improvement of common beans and the challenges of climate change. In *Crop Adaptation to Climate Change*, ed SS Yadav, RJ Redden, JL Hatfield, H Lotze-Campen, AE Hall, pp. 356–69. Cambridge, Inglaterra: Wiley-Blackwell
5. Beebe S, Rao I, Mukankusi C, Buruchara R. 2005. Improving resource use efficiency and reducing risk of common bean production in africa, latin america, and the caribbean. In *Eco-Efficiency: From vision to reality*, ed CH Hershey, p. 18. Cali: CIAT
6. Cai W, Santoso A, Wang G, Yeh S, An S, et al. 2015. Enso and greenhouse warming. *Nat. Publ. Gr.* 5(9):849–59
7. Campbell LP, Luther C, Moo-Llanes D, Ramsey JM, Danis-Lozano R, Peterson AT. 2015. Climate change influences on global distributions of dengue and chikungunya virus vectors. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 370(1665):20140135
8. Carazo E, Figueroa A, Pentzke C. 2012. Cambio climático y ecosistemas en Centroamérica: Una oportunidad para la acción. San José, Costa Rica: PEN. 80 pp.
9. CCAD-SICA. 2010. Estrategia Regional de Cambio Climático. Documento Ejecutivo. Antiguo Cuscatlán, El Salvador: SICA, CCAD. 95 pp.
10. CEPAL. 2009. Istmo centroamericano: efectos del cambio climático sobre la agricultura. Mexico D.F.
11. CEPAL, CCAD-SICA. 2010. The Economics of Climate Change in Central America: Summary 2010. México D.F.: CEPAL. 144 pp.
12. CIAT. 2013. Evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la agricultura en la región andina de colombia. CIAT Políticas en Síntesis, pp. 1–6
13. Curry J, Jelinek M, Foskey B, Suzuki A, Webster P. 2009. Potential economic impacts of hurricanes in mexico, central america, and the caribbean ca. 2020–2025. In *Assessing the Potential Consequences of Climate Destabilization in Lat in America*, ed W Vergara. Working Pa:18–34. Washington D.C.
14. Daily GC. 1997. Introduction: what are ecosystems services? In *Nature’s Services: Societal Dependence On Natural Ecosystems*, pp. 1–10. Washington D.C.: Island Press

15. Dasgupta, Partha; Morton JF. 2014. Rural areas. Part A Glob. Sect. Asp. Contrib. Work. Gr. II to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang., p. 1132
16. Denton F. 2002. Climate change vulnerability, impacts, and adaptation: why does gender matter? *Gend. Dev.* 10(2):10–20
17. Donovan J, Stoian D. 2012. 5 Captales: Una herramienta para evaluar los impactos del desarrollo de cadenas de valor sobre la pobreza. Turrialba: CATIE. 75 pp.
18. Economic Commission for Central America and the Caribbean (ECLAC). 2010. The economics of climate change in central america: summary 2010
19. FAO. 2008. Climate change and food security: a framework document. Food Agric. Organ. United Nations, p. 93
20. FAO, ILO. 2009. The Livelihood Assessment Tool-kit. Analysing and responding to the impact of disasters on the livelihoods of people. Roma, Italia: FAO. 191 pp.
21. Fischlin A, Midgley GF, Price JT, Leemans R, Gopal B, et al. 2007. Ecosystems , their properties, goods and services. In *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, ed ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden, CE Hanson, pp. 211–72. Cambridge: Cambridge University Press
22. Flora CB, Flora J. 2008. Community capitals. *Encyclopedia of rural America: the land and people*. Nueva York: Grey House Publishing. 157-160 pp.
23. Gómez JJ. 2001. Vulnerabilidad y medio ambiente
24. Gregory PJ, Ingram JSI, Brklacich M. 2005. Climate change and food security. *Philos. Trans. R. Soc. Biol. Sci.* 360:2139–48
25. Haines A, Kovats RS, Campbell-Lendrum D, Corvalan C. 2006. Climate change and human health: impacts, vulnerability and public health. *Public Health.* 120:585–96
26. Harris NL, Brown S, Hagen SC, Saatchi SS, Petrova S, et al. 2012. Baseline map of carbon emissions from deforestation in tropical regions. *Science (80).* 336(6088):1573–76
27. Harvey CA, Chacón M, Donatti CI, Garen E, Hannah L, et al. 2014. Climate-smart landscapes: opportunities and challenges for integrating adaptation and mitigation in tropical agriculture. *Conserv. Lett.* 7(2):77–90
28. Hidalgo HG, Alfaro EJ. 2014. Skill of cmip5 climate models in reproducing 20th century basic climate features in central america. *Int. J. Climatol.* 35(12):3397–3421
29. Hidalgo HG, Amador JA, Alfaro EJ, Quesada B. 2013. Hydrological climate change projections for central america. *J. Hydrol.* 495:94–112
30. Holland MB, Shamer SZ, Imbach P, Zamora JC, Medellin C, et al. 2016. Mapping adaptive capacity and small-holder agriculture: applying expert knowledge at the landscape scale. *Clim. Chang.*, pp. 1–15
31. Hosonuma N, Herold M, De Sy V, De Fries RS, Brockhaus M, et al. 2012. An assessment of deforestation and forest degradation drivers in developing countries. *Environ. Res. Lett.* 7(4):44009
32. Imbach P, Locatelli B, Zamora JC, Fung E, Calderer L, et al. 2015. Impacts of climate change on ecosystem hydrological services of central america: water availability. *Clim. Chang. Ecosyst. Serv. Cent. Am.*, pp. 65–90

33. Imbach P, Molina L, Locatelli B, Roupsard O, Mahé G, et al. 2012. Modeling potential equilibrium states of vegetation and terrestrial water cycle of mesoamerica under climate change scenarios. *J. Hydrometeorol.* 13(2):665–80
34. IPCC. 2012. *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation.* Cambridge, UK, and New York, NY, USA: Cambridge University Press. 582 pp.
35. IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report.* Cambridge, Inglaterra: Cambridge University Press. 35-112 pp.
36. IPCC. 2014. *Climate change 2014 synthesis report summary chapter for policymakers.* Ipcc, p. 31
37. IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Geneva, Switzerland. 151 pp.
38. IPCC. 2014. *Climate Change 2014: Synthesis Report.* Cambridge: Cambridge University Press. 35-112 pp.
39. IPCC (Intergovernmental Panel on Climate change). 2013. *Summary for Policymakers.* In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* 28 pp.
40. IPCC Panel Intergubernamental de Cambio Climático. 2013. *Glosario.* Igarss 2014, pp. 1–5
41. Kelly PM, Adger WN. 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and facilitating adaptation. *Clim. Chang.* 47:325–52
42. Kreft S, Eckstein D, Dorsch L, Fischer L. 2015. *Global climate risk index 2016: Who suffers most from extreme weather events? Weather-related loss events in 2014 and 1995 to 2014.* Berlin: Germanwatch. 28 pp.
43. Kreft S, Eckstein D, Dorsch L, Fischer L. 2016. *GLOBAL CLIMATE RISK INDEX 2016.* Germanwatch e.V.
44. Kreft S, Eckstein D, Junghans L, Kerestan C, Hagen U. 2014. *Global Climate Risk Index 2015. Who Suffers Most From Extreme Weather Events ? Weather-related Loss Events in 2013 and 1994 to 2013.* Bonn: Germanwatch e.V.
45. Lavell A, Oppenheimer M, Diop C, Hess J, Lempert R, et al. 2012. *Climate change: new dimensions in disaster risk, exposure, vulnerability, and resilience.* In *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation*, ed CB Field, V Barros, TF Stocker, D Qin, DJ Dokken, et al., pp. 25–64. Cambridge and New York: Cambridge University Press
46. Longstaff PH, Armstrong NJ, Perrin K, Parker WM, Hidek MA. 2010. *Building resilient communities: a preliminary framework for assessment.* *Homel. Secur. Aff.* 6(3):1–23
47. Magrin GO, Marengo JA, Boulanger J-P, Buckeridge MS, Castellanos E, et al. 2014. *Central and south america in: climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. part b: regional aspects. contribution of working group ii to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change.* *Clim. Chang.* 2014 *Impacts, Adapt. Vulnerability. Part B Reg. Asp. Contrib. Work. Gr. II to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang.,* pp. 1499–1566
48. Mancomunidad Copanch'orti'. 2016. *Sistematización Intermedia del Modelo Territorial de Adaptación Climática de la población del Corredor Seco de Guatemala.* 192 pp.
49. Maurer EP, Adam JC, Wood AW. 2009. *Climate model based consensus on the hydrologic impacts of climate change to the rio lempa basin of central america.* *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 13(183–194)
50. McPhaden MJ, Zebiak SE, Glantz MH. 2006. *Enso as an integrating concept in earth science.* *Science* (80).

51. Moreno-Sánchez RP, Maldonado JH. 2013. Adaptive capacity of fishing communities at marine protected areas: a case study from the colombian pacific. *Ambio*. 42:985–96
52. Morton JF. 2007. The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 104(50):19680–85
53. Nakaegawa T, Kitoh A, Murakami H, Kusunoki S. 2014. Annual maximum 5-day rainfall total and maximum number of consecutive dry days over central america and the caribbean in the late twenty-first century projected by an atmospheric general circulation model with three different horizontal resolutions. *Theor. Appl. Climatol.* 116(1):155–68
54. NASA. <http://climate.nasa.gov/>. ultima visita 17/08/2016
55. Nazareth T, Seixas G, Sousa CA. 2016. Climate change and mosquito-borne diseases. In *Climate Change and Health*, ed W Leal Filho, UM Azeiteiro, F Alves, pp. 187–99. Springer
56. NOAA. El Niño Southern Oscillation (ENSO). Earth System Research Laboratory. Physical Sciences Division.
57. NOAA. 2012. Frequently asked questions about El Niño and La Niña
58. Patz JA, Campbell-Lendrum D, Holloway T, Foley JA. 2005. Impact of regional climate change on human health. *Nature*. 438:310–17
59. Planton S. 2013. Glosario. In *Cambio Climático 2013. Bases físicas. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*, ed TF Stocker, D Qin, G-K Plattner, M Tignor, SK Allen, et al., pp. 185–204. Cambridge y Nueva York, Inglaterra Y Estados Unidos: Cambridge University Press
60. Porter JR, Semenov MA. 2005. Crop responses to climatic variation. *Philos. Trans. R. Soc. B-Biological Sci.* 360:2021–35
61. Ramírez P. 2007. Climate, climate variability and climate change in relation with forest ecosystems in central america, review of experiences, actors and needs in tropical forest climate change adaptation in central america. consultancy report. tropical forests and climat
62. Schroth G, Ruf F. 2014. Farmer strategies for tree crop diversification in the humid tropics . a review. , pp. 139–54
63. Silberg B, (NASA). 2016. Why a half-degree temperature rise is a big deal. <http://climate.nasa.gov/news/2458/why-a-half-degree-temperature-rise-is-a-big-deal/>
64. Simonsen SH, Biggs R (Oonsie), Schlüter M, Schoon M, Bohensky E, et al. Applying resilience thinking Seven principles for building resilience in social-ecological systems. Estocolmo: Stockholm University. 19 pp.
65. Smit B, Wandel J. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability. *Glob. Environ. Chang.* 16(3):282–92
66. Smith, Kirk R and Woodward, Alistair and Campbell-Lendrum, D and Chadee, DD and Honda, Y and Liu, Q and Olwoch, JM and Revich, B and Sauerborn R. 2014. Human health: impacts, adaptation, and co-benefits. *Clim. Chang.*, p. 709–754.
67. Stern N. 2006. *The Economics of Climate Change: The Stern Review*. 575 pp.
68. Tubiello FN, Salvatore M, Rossi S, Ferrara A, Fitton N, Smith P. 2013. The faostat database of greenhouse gas emissions from agriculture. *Environ. Res. Lett.* 8:15009

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