



Adaptación al cambio climático en el cultivo de café

Buenas prácticas agrícolas



FGM
Fondo
Golfo de
México



Adaptación al cambio climático en el cultivo de café

Buenas prácticas agrícolas



Adaptación al cambio climático en el cultivo del café: Buenas prácticas agrícolas.
CityAdapt. México, 2022.

Autores:

Hernández Sánchez María Isabel, El Colegio de Veracruz.
Travieso Bello Ana Cecilia, Universidad Veracruzana.
Sergio Alfredo Angón Rodríguez, ONU Programa para el Medio Ambiente.

Revisores:

Se agradece la revisión del documento, las sugerencias y comentarios a Isabel García Coll y Ophelie Drouault, ONU Programa para el Medio Ambiente.

Diseño editorial e ilustraciones de figuras:

Gabriela Helena Gutiérrez Sosa.

Ilustraciones y fotografías de portadas:

Freepik.

Cómo citar:

Hernández-Sánchez, M.I., Travieso-Bello, A.C. y Angón-Rodríguez, S.A. (2022). Adaptación al cambio climático en el cultivo de café: Buenas prácticas agrícolas. CityAdapt.

Esta publicación ha sido financiada con recursos del proyecto CityAdapt "Construcción de resiliencia climática en sistemas urbanos a través de la Adaptación basada en Ecosistemas (AbE) en América Latina y el Caribe".

CityAdapt promueve el uso de este documento, los materiales pueden ser reproducidos total o parcialmente con fines didácticos, sin previa autorización, se solicita que sea citado cuando corresponda.

CityAdapt es un proyecto ejecutado por el Programa de Naciones Unidas Para el Medio Ambiente, con financiamiento del Global Environmental Fund (GEF).

Esta publicación también está disponible en formato electrónico (PDF) en:
www.cityadapt.com

Primera edición, agosto 2022

ISBN 978-607-8716-82-1

Impreso en México

ISBN 978-607-8716-82-1

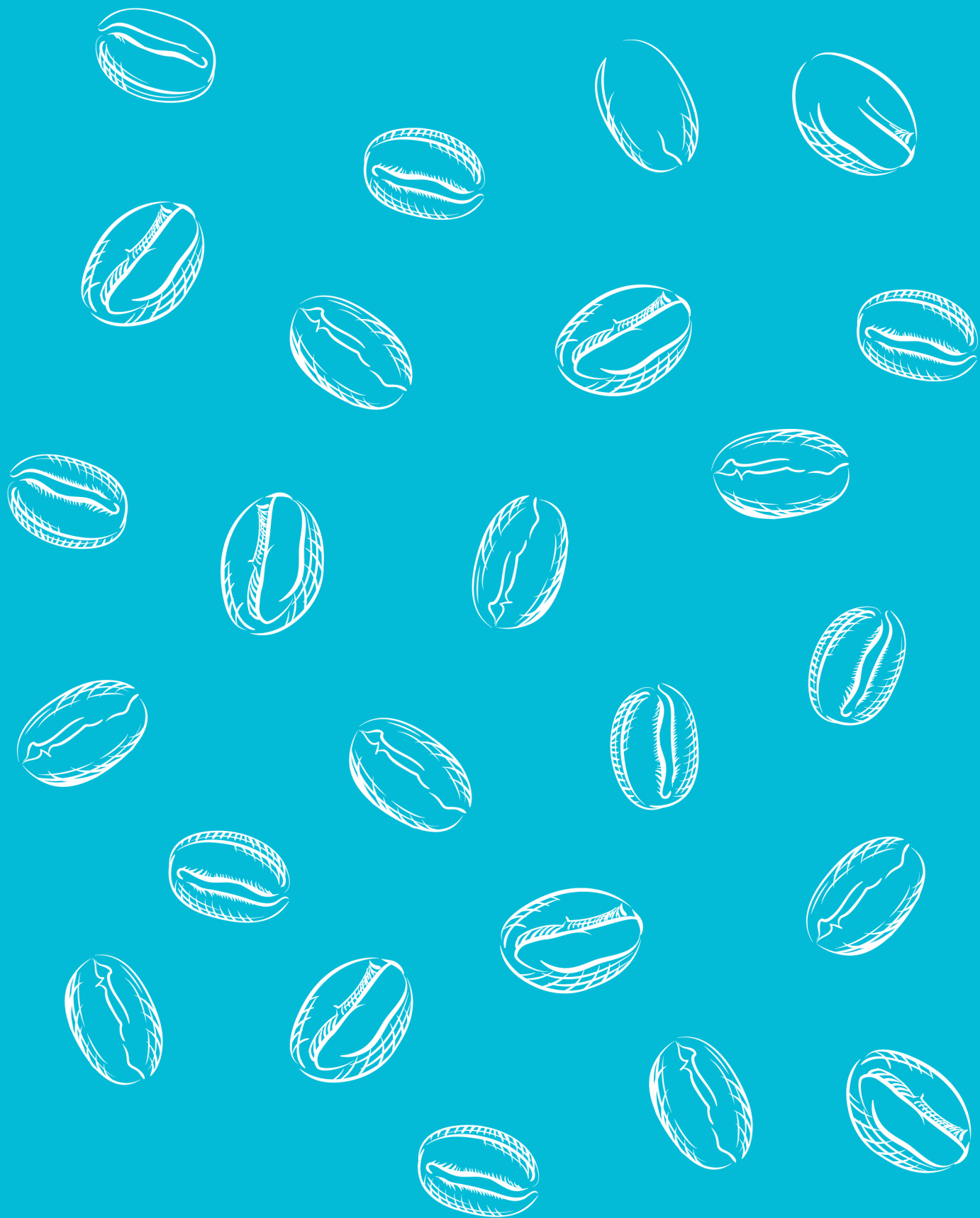


«Adaptación al cambio climático en el cultivo del café»



Contenido

Introducción.....	9
1. Cambio climático	13
2. Escenarios de cambio climático e impactos sobre el cultivo de café	18
Escenarios de cambio climático.....	19
Escenarios de cambio climático en Xalapa y Tlaxelhuayocan.....	23
3. Buenas prácticas para la adaptación.....	27
3.1 Diversificación del cafetal (policultivo).....	28
3.2 Uso de variedades mejoradas	29
3.3 Manejo de sombra	30
3.4 Prácticas de conservación de suelos	34
3.4.1 Siembra en curvas de nivel	34
3.4.2 Barreras vivas.....	36
3.4.3 Barreras muertas.....	37
3.4.4 Cobertura de suelo	38
3.4.5 Incorporación de materia orgánica	39
3.5 Captación de agua de lluvia	39
3.6 Manejo agroecológico de plagas y enfermedades.....	40
3.6.1 Plagas.....	41
3.6.2 Enfermedades	43
3.7 Organización social	45
3.8 Monitoreo meteorológico	46
Consideraciones finales	49
Referencias	51



Índice de tablas

Tabla 1. Diferencias entre estado del tiempo y clima	13
Tabla 2. Cambios proyectados en aptitud climática del cultivo de café, temperatura y precipitación en Mesoamérica para el 2050.....	20
Tabla 3. Impactos del cambio climático sobre el cultivo de café	22
Tabla 4. Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en el cultivo de café.	47

Índice de figuras

Figura 1. Cambios proyectados en Mesoamérica para el 2050.....	21
Figura 2. Mapa de vegetación y usos del suelo en la región de Xalapa y Tlalnehuayocan.	23
Figura 3. Rangos de cambio en la temperatura bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5 2014-2039.....	24
Figura 4. Rangos de cambio en la precipitación bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5 2014-2039.....	24
Figura 5. Siembra en curvas de nivel.....	35
Figura 6. Aparato A	36
Figura 7. Barreras vivas.....	37
Figura 8. Barreras muertas	38
Figura 9. Cobertura de suelo.....	38
Figura 10. Técnicas de captación de agua de lluvia	40
Figura 11. Esquema de la Trampa	42



Introducción

En el marco del proyecto CityAdapt “Construcción de resiliencia climática en sistemas urbanos mediante la adaptación basada en ecosistemas en América Latina y el Caribe” se realizó el estudio de vulnerabilidad ante el cambio climático en los municipios de Xalapa y Tlalnelhuayocan. Los resultados de este estudio destacan la importancia de los cafetales bajo sombra, ya que estos sistemas coinciden con los remanentes de Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) y proveen servicios ecosistémicos que contribuyen al bienestar de la sociedad.

Los cultivos de café fueron introducidos en el año de 1808 en la región central montañosa del estado de Veracruz (Williams-Linera, 2007). En un inicio, la expansión de este cultivo provocó la degradación del BMM (Williams-Linera, 2002), sin embargo, posteriormente contribuyó a la conservación de fragmentos de este ecosistema al evitar que fuera transformado a otros usos de suelo como potreros y cañaverales (Williams-Linera, 2007). El cultivo de café bajo sombra conserva una elevada diversidad de árboles y arbustos nativos del BMM o introducidos. La presencia de árboles y arbustos de distintos tamaños crea estratos en el dosel que son el hábitat de un elevado número de especies (Sosa-Fernández et al., 2017). Esto contribuye a que los cafetales



bajo sombra sean uno de los sistemas agroforestales con una mayor diversidad de especies de flora y fauna pertenecientes a distintos grupos (Pineda et al., 2005). Tan solo en los sistemas cafetaleros de la región central montañosa de Veracruz, se han identificado 2197 especies (Manson et al., 2008).

Además de la conservación de la diversidad y de los beneficios que los productores pueden obtener por la venta del grano de café, estos sistemas son capaces de continuar brindando un elevado número de los servicios ecosistémicos que los BMM proveen. Dentro de estos servicios destacan la conservación y la retención del suelo (prevención de la erosión), la captación e infiltración de agua y la atenuación de los escurrimientos, la regulación del clima, el almacenamiento de carbono (en el suelo y la vegetación) y la producción de oxígeno (Manson et al., 2008; Rapi-del, 2008; Sosa-Fernández et al., 2017; Manson et al., 2018). También, recientemente los cafetales han adquirido un valor agregado al ser zonas atractivas para el ecoturismo. Su relevancia es tal que en distintos puntos cafetaleros se han establecido programas para el pago por servicios ambientales, en especial hidrológicos.

Pese a la importancia de los cafetales como sistemas agroforestales estos han disminuido su extensión debido a la urbanización y el establecimiento de otros cultivos, muchos de ellos extensivos y libres de árboles. En Xalapa, en el 2013 los cafetales abarcaban 1308.2 ha de la superficie del municipio, sin embargo, a la fecha tan solo persisten 453.1 ha (CityAdapt, 2019). Esta extensión parece poca, sin embargo, debido a sus atributos sigue siendo clave en la provisión de servicios ecosistémicos.

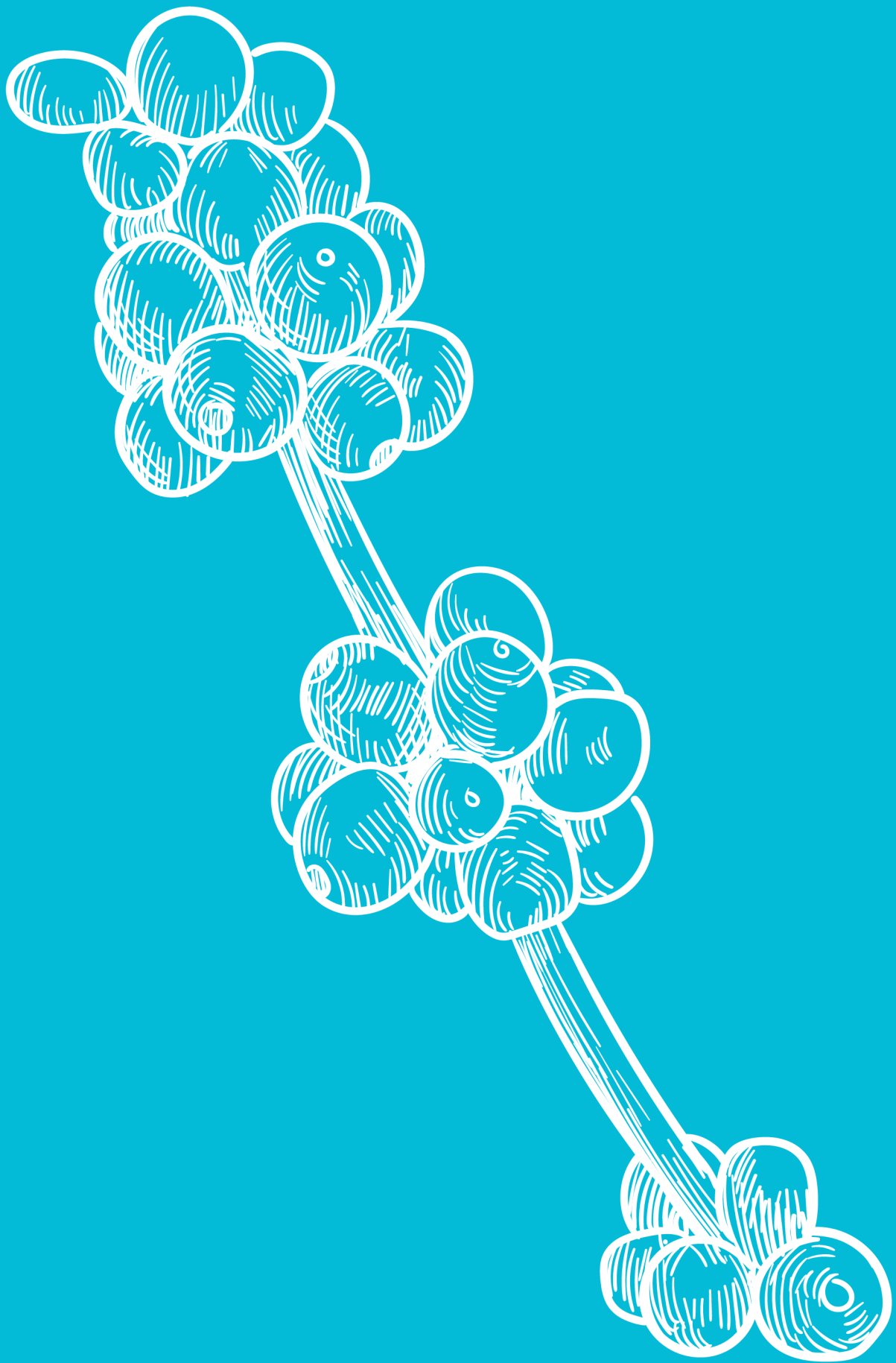
Además del cambio de uso de suelo, los sistemas cafetaleros se enfrentan a otras amenazas como el cambio climático. Los escenarios de cambio climático desarrollados por CityAdapt (análisis de vulnerabilidad) para la región de Xalapa muestran que para el año 2039 se podrían experimentar cambios significativos en la precipitación (disminuciones de hasta 250 mm al año en zonas urbanas e incrementos de más de 500 mm al año cuenca arriba de la ciudad de Xalapa. Por su parte, la temperatura promedio anual podría incrementarse hasta 2.5 °C, precisamente en las zonas en donde se ubican los cafetales. Respecto a los cambios en los usos del suelo para el año 2039, se proyecta un crecimiento más acelerado de las zonas urbanas y una pérdida de 812 hectáreas de cafetales bajo sombra (4.1% del área total) (CityAdapt, 2019).

Numerosos estudios (Läderach et al., 2011; Bunn et al., 2014; Pham et al., 2019; Jawo et al., 2022) han demostrado que el cambio climático afectará la aptitud climática del cultivo de café. El aumento de la temperatura y los cambios en los patrones de precipitación disminuirán el rendimiento, reducirán la calidad y aumentarán la incidencia de plagas y enfermedades.

El deterioro en las condiciones de su producción puede inducir el abandono de esta actividad y propiciar cambios en el uso del suelo, lo que resultaría en pérdida de los servicios ecosistémicos que los cafetales proveen. Por ello, es necesaria la implementación de medidas de adaptación que permitan reducir los impactos negativos del cambio climático sobre el cultivo del café e incrementar su resiliencia, así como el fortalecimiento de las capacidades de los cafecultores para enfrentar los efectos adversos del cambio climático (Jawo et al., 2022).

En este contexto, este documento presenta un conjunto de prácticas que pueden contribuir a la adaptación al cambio climático en el cultivo de café. El documento se divide en tres capítulos. En el primero, se realiza una revisión del concepto de cambio climático y los conceptos asociados a este fenómeno. En el segundo, se abordan los escenarios de cambio climático y los impactos sobre el cultivo de café. Finalmente, en el tercero, se describen las prácticas que contribuyen a la adaptación.





1. Cambio climático

Para abordar el tema de cambio climático es necesario entender que el *clima* es producto de la constante y compleja interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve, los continentes y la vida en el planeta (Martínez, 2013). En otras palabras, es una descripción del comportamiento promedio de la atmósfera y de sus variaciones, durante un lapso suficientemente largo para que sea representativo (Conde, 2000).

Para analizar el clima es necesario antes medir diariamente las condiciones de temperatura, lluvia, humedad y viento, además de observar las condiciones de nubosidad, de la trayectoria de los huracanes, de las masas de aire frío que entran por el norte a nuestro país, etcétera. Ello requiere conocer durante varios años el estado del tiempo (Martínez, 2013). La Organización Meteorológica Mundial considera que debe ser un mínimo de 30 años.

El clima es característico de cada región, sin embargo, no es constante, hay años en los que puede variar. A estas variaciones anuales por encima o debajo de un valor promedio en la temperatura o en las precipitaciones se le llama *variabilidad climática* (INECC y UNICEF, 2019).

Por otro lado, el *estado del tiempo* o tiempo atmosférico se refiere a las variaciones diarias en las condiciones atmosféricas de nuestro planeta (Conde, 2000); es decir, la condición de precipitación y temperatura de un momento dado o de un periodo corto de tiempo (Viguera et al., 2017a). La tabla 1 muestra las diferencias entre estado del tiempo y clima.

Tabla 1. Diferencias entre estado del tiempo y clima

	Duración (temporal)	Influencia (espacial)	Características	A futuro
Tiempo	Horas a pocos días	Local	Cambia rápidamente	Pronósticos de pocos días a pocos meses
Clima	30 años consecutivos	Regional	Tarda años en cambiar	Predicciones para periodos largos

Fuente: Tomado de Viguera et al. (2017a)

El cambio climático hace referencia a una variación del estado del clima identificable en las variaciones del valor medio o en la variabilidad de sus propiedades, que persiste durante períodos prolongados, generalmente décadas o períodos más largos (IPCC, 2018).

El ser humano constituye uno de los agentes climáticos más determinantes del planeta. Su influencia sobre el clima se basa en la realización de actividades que directamente afectan a las cantidades de Gases de Efecto Invernadero (GEI) presentes en la atmósfera (AEACSV, 2018).

Los *Gases de Efecto Invernadero* son componentes gaseosos en la atmósfera, se emiten por fuentes naturales y humanas, 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 le 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 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 (Viguera et al., 2017a).

Las emisiones antropogénicas de GEI y sus concentraciones atmosféricas han aumentado desde la era preindustrial, impulsadas principalmente por el crecimiento económico y demográfico (IPCC, 2013).

Los principales GEI emitidos por las actividades antropogénicas a nivel mundial son el dióxido de carbono (CO₂), el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O). En el año 2015 las emisiones totales de México ascendieron a 700 millones de toneladas de bióxido de carbono equivalente (MtCO₂e). Del total de las emisiones, 64% corresponden al consumo de combustibles fósiles, 10% se originan por los sistemas de producción pecuaria, 8% provinieron de los procesos industriales, 7% se emitieron por el manejo de residuos, 6% por las emisiones fugitivas por extracción de petróleo, gas y minería y 5% se generaron por actividades agrícolas (INECC, 2018).

La influencia humana en el calentamiento del sistema climático es inequívoca, el último reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) brinda evidencias de que las actividades humanas son la principal causa del cambio climático. Los cambios re-

cientes en el clima son generalizados, rápidos y cada vez más intensos, y no tienen precedentes en miles de años (IPCC, 2021).

Desde mediados del siglo XX se han observado cambios en la frecuencia e intensidad de muchos eventos meteorológicos y climáticos extremos, incluyendo: disminución de las temperaturas frías extremas, aumento de las temperaturas cálidas extremas, aumento de los niveles del mar y aumento en el número de episodios de precipitaciones intensas en varias regiones (IPCC, 2013).

México es un país altamente vulnerable a los efectos adversos del cambio climático debido a sus características geográficas y las condiciones sociales y económicas desfavorables en las que viven algunos sectores de su población (Martínez, 2013).

El cambio climático representa una amenaza para las personas y los ecosistemas. Varios de sus efectos impactan sobre el medio ambiente y provocan situaciones ambientales, sociales y económicas desfavorables para el desarrollo pleno de las sociedades, tales como (INECC, 2019):

- Reducción del rendimiento en las cosechas o pérdida de éstas.
- Reducción en la disponibilidad del agua para consumo y servicios sanitarios.
- Inundación en comunidades (viviendas, caminos, escuelas, hospitales, comercios).
- Migración forzada por la pérdida de las condiciones necesarias para la subsistencia (alimento, vivienda, empleo, carreteras, fuentes de agua potable).
- Aumento de enfermedades transmitidas por vectores como dengue, malaria, zika, chikungunya y enfermedades relacionadas con la calidad del aire como las ocasionadas por el ozono y las PM2.5¹.

El cambio climático representa un reto más para la agricultura, ésta no solamente debe adaptarse a la variabilidad climática natural (interna), ahora también deberá enfrentarse con cambios drásticos e imprevisibles en las condiciones climáticas.

Las condiciones en que se desarrolla la agricultura en México la hacen particularmente vulne-

¹ Partículas con diámetro aerodinámico menor a 2.5 µm (SEMARNAT-INECC, 2011).

rable ante eventos climáticos extremos, debido a que 69% de las prácticas agrícolas son de temporal (SEMARNAT-INECC, 2012) y por tanto sensibles a cualquier alteración en los patrones de precipitación y los cambios en la temperatura. Una de las afectaciones a este sector es la reducción del rendimiento de las cosechas o incluso la pérdida de ellas, situación que repercute en la seguridad alimentaria, mediante la reducción de la disponibilidad de alimentos en las regiones afectadas (INECC y UNICEF, 2019).



2. Escenarios de cambio climático e impactos sobre el cultivo de café

El cultivo de café es particularmente susceptible a cambios en el clima. La planta de café requiere de condiciones ambientales específicas que intervienen en su desarrollo, crecimiento y fructificación.

El desarrollo reproductivo del café arábica comienza con la aparición de las primeras flores, este periodo está influido por la duración del día, la época de siembra, la temperatura y la disponibilidad de agua. El desarrollo del fruto pasa por distintas etapas (Arcila, 2007):

Etapa 1. Primeras siete semanas después de la floración (0-50 días); es una etapa de crecimiento lento.

Etapa 2. Semanas ocho a 17 después de la floración (50 a 120 días); el fruto crece en forma acelerada, adquiere su tamaño final y la semilla tiene una consistencia gelatinosa.

Etapa 3. Semanas 18 a 25 después de la floración (120 a 180 días); la semilla completa su desarrollo, adquiere consistencia sólida y gana peso.

Etapa 4. Semanas 26 a 32 después de la floración (180 a 244 días); el fruto se encuentra formado y comienza a madurar.

Etapa 5. Después de la semana 32 (más de 244 días); el fruto se sobremadura y se torna de un color violeta oscuro y finalmente se seca (en esta etapa pierde peso).

La temperatura promedio anual favorable para el cultivo de café oscila entre 17 °C y 23 °C (Ovando et al., 2017). Bajas temperaturas propician un desarrollo lento y una maduración de frutos tardía. Mientras que temperaturas altas aceleran el envejecimiento de los frutos, disminuyen la fotosíntesis, reducen el crecimiento y producción. Además, pueden causar: anomalías en la flor; fructificación limitada; ocurrencia de enfermedades y susceptibilidad a plagas; afectación a la

longevidad de la planta, su productividad y rendimiento (FUNDESYRAM, 2010). En escenarios de cambio climático estos impactos podrían exacerbarse, por lo que es urgente implementar acciones para adaptarse.

El rango de precipitación óptimo es entre 1,500 y 2,000 mm, distribuida durante el año (Ovando et al., 2017). Se requiere de un periodo seco para estimular el crecimiento de raíces, desarrollo de ramas laterales, hojas y la formación de capullos florales. Sin embargo, un periodo de sequía prolongado disminuye la cosecha del año siguiente y puede ocasionar deficiencias nutricionales. Y sí este periodo seco coincide con el periodo de crecimiento del grano, puede aumentar el porcentaje de granos vanos y negros, afectando los rendimientos y la calidad del café. Por otro lado, lluvias excesivas pueden ocasionar deficiencias de nitrógeno y reducción del crecimiento de la planta, así como floraciones múltiples e irregularidades en la cosecha y la caída de fruto (FUNDESYRAM, 2010).

El cambio climático aumenta la exposición a condiciones adversas del cultivo de café y puede acentuar su vulnerabilidad. La variación en los patrones de precipitación y temperatura, así como la presencia de tormentas, fuertes vientos y otros eventos climáticos extremos pueden reducir la capacidad reproductiva de planta de café (CEPAL y CAC/SICA, 2014).

Escenarios de cambio climático

Los escenarios climáticos muestran qué puede suceder si seguimos una cierta proyección de incremento en la concentración de gases de efecto invernadero en nuestra atmósfera. Son descripciones coherentes y consistentes de cómo el sistema climático de la Tierra puede cambiar en el futuro; indican cómo se comportará posiblemente el clima en una región, durante una cierta cantidad de años, tomando en consideración datos históricos y usando modelos matemáticos y de proyección, generalmente de precipitación y temperatura (Davydova, 2012).

Los modelos de cambio climático para México y Centroamérica predicen un aumento de la temperatura media anual de 2 a 2.5 °C, niveles de precipitación anual menores y una mayor frecuencia e intensidad de eventos climáticos extremos. Honduras, México y Nicaragua probablemente experimentarán los mayores incrementos en temperatura. Respecto a los niveles de precipita-

ción, Honduras y Nicaragua sufrirán los cambios más drásticos, con disminuciones de -5% a -10% (Tabla 2) (Läderach et al., 2011).

Tabla 2. Cambios proyectados en aptitud climática del cultivo de café, temperatura y precipitación en Mesoamérica para el 2050

Cambio en aptitud de cultivo				Contri- bución al PIB (%)	País	Los colores indican cómo se verían afectadas la mayoría de las áreas productoras de café en cada país					
El rojo indica cómo se verá afectada la mayoría de la producción del café en cada país						% de cambio dentro de los siguientes rangos de temperatura			% de cambio dentro de los siguientes rangos de precipitación		
-40% o más	-40% a -20%	-20% a 0%	>0%		2.0 - 2.25 °C	2.25 - 2.5 °C	>-10%	-5% a -10%	-5% a 0%	0% a 5%	
55.4	40.5	2.7	1.4	1.3	Costa Rica	100.0	-	-	-	100.0	-
45.5	43.7	10.9	-	2.5	El Salvador	78.3	21.7	-	1.1	98.9	-
12.9	25.5	54.2	7.4	4.2	Guatemala	60.8	39.2	-	17.4	82.6	-
38.2	49.8	11.0	1.0	8.2	Honduras	5.4	94.6	5.8	94.2	-	-
18.2	34.6	46.9	0.3	5.0	México	20.6	79.4	-	49.0	50.5	0.4
35.3	32.1	32.5	0.1	7.2	Nicaragua	7.9	92.1	1.2	98.0	0.8	-

Fuente: Tomado de Läderach et al. (2011)

Los cambios de temperatura y precipitación reducirán las áreas aptas para el cultivo de café, situación que obligará a ascender en el gradiente altitudinal. Costa Rica, El Salvador y Nicaragua tienen el mayor porcentaje de tierra afectada, con pérdida de aptitud del 40% o más (Figura 1) (Läderach et al., 2011).

Los cambios en las áreas de cultivo del café provocarían alteraciones al ambiente, generalmente las zonas más altas son bosques, áreas protegidas o áreas de recarga hídrica que se modificarían para el establecimiento de los cafetales, lo cual puede resultar en pérdida de la biodiversidad, aumento de emisiones de GEI por deforestación e impactos negativos sobre la disponibilidad de agua (Viguera et al., 2017b).

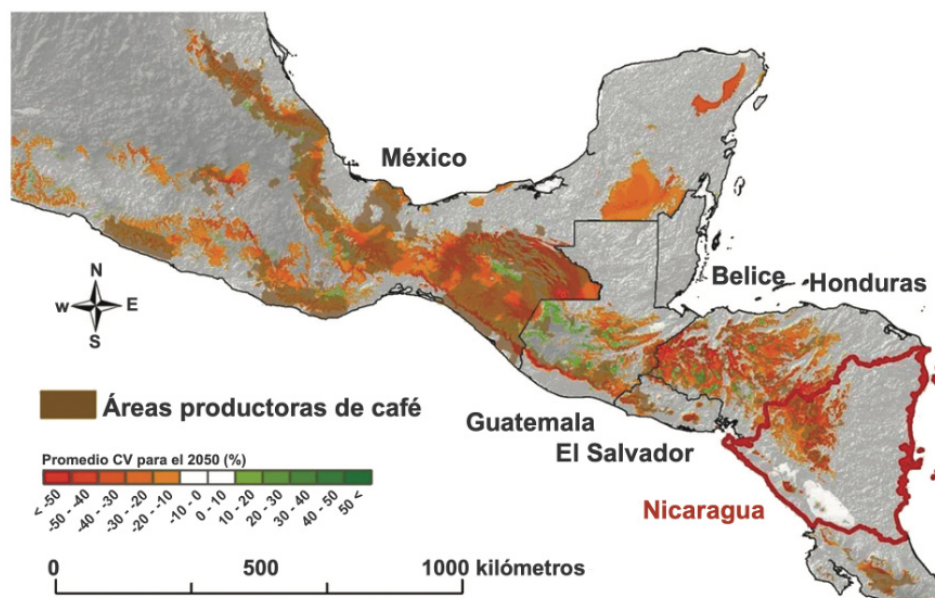


Figura 1. Cambios proyectados en Mesoamérica para el 2050. Fuente: Tomado de Läderach et al. (2011)

Se han realizado varios estudios para estimar los impactos del cambio climático en zonas cafetaleras del estado de Veracruz. Gay et al. (2004) exploraron la sensibilidad de la producción del café a variables climáticas y económicas, los resultados mostraron que para 2050 la producción se reduciría entre 73 y 78%. Rivera et al. (2013) estimaron que la disminución de la precipitación causará pérdidas en la producción del grano. Granados et al. (2014) encontraron que para 2080 los climas migrarán de semicálidos a cálidos, y que un aumento de la temperatura (4.6°C) y una disminución de la precipitación (5.5%) impactarán en el desarrollo fenológico del grano, así como en la propagación de plagas y enfermedades.

Manson (2018) estimó que para el año 2039 y bajo un escenario de bajas emisiones de GEI, la cuenca del río Jamapa contará con 19,847 ha de superficie óptima para el cultivo de café arábica, cifra que representa una pérdida del 57.7% de la superficie óptima actual equivalente a 17,582 ha.

De manera indirecta, los cambios en el clima incrementarán la incidencia de plagas y enfermedades, la degradación de suelos y reducirán la provisión de servicios ambientales como control de plagas y polinización (Viguera et al., 2017a). Además del aumento de los costos de producción, la disminución de los ingresos y la afectación en los medios de vida de los productores (Fischersworing et al., 2016). En la Tabla 3 se indican algunos posibles impactos negativos sobre la variedad arábica.

Tabla 3. Impactos del cambio climático sobre el cultivo de café

Motor climático	Impacto directo	Impacto indirecto
TEMPERATURA		
Aumento de temperatura	<p>Por encima de 23°C se acelera la maduración del fruto.</p> <p>Por encima de 25°C se reduce la capacidad fotosintética.</p> <p>Por encima de los 28°C se reduce la formación de yemas florales.</p> <p>Por encima de los 30°C se reduce el crecimiento de la planta y pueden causar anomalías, aborto de hojas y flores.</p> <p>Marchitamiento de follaje.</p> <p>Aumento en la incidencia de plagas como la broca y la roya.</p>	<p>Pérdida progresiva de la calidad del grano.</p> <p>Producción irregular y deficiente.</p> <p>Reducción de los rendimientos.</p>
PRECIPITACIÓN		
Lluvias irregulares (fuera de época)	<p>Aumento en el número de floraciones.</p> <p>Cambios en la distribución de fechas de floraciones.</p> <p>Maduración del fruto no sincronizada.</p>	<p>Modificación en las fechas de cosecha, corte, beneficiado y secado.</p>
Falta de lluvia	<p>Defectos en el desarrollo de la flor.</p> <p>El grano no se llena completamente o no se producen los granos.</p> <p>Malformaciones en el grano.</p>	<p>Cosechas adicionales, que implica un aumento de los costos.</p> <p>Disminución de la producción.</p>
Sequía	<p>Aparición de plagas y enfermedades.</p> <p>Árboles más débiles.</p> <p>Marchitamiento de la planta.</p> <p>Mortalidad de plantas jóvenes.</p>	<p>Disminución de los ingresos.</p> <p>Reducción en las poblaciones de abejas.</p>
Exceso de lluvia	<p>No permite el óptimo desarrollo de flores y frutos.</p> <p>Caída de las cerezas de café.</p> <p>Daños en las plantas de café.</p>	<p>Pérdida de la producción.</p> <p>Dificultades del secado del grano después de la cosecha.</p>
Lluvias extremas	<p>Afectación a raíces de los cafetos.</p> <p>Deslave del terreno.</p>	<p>Pérdida de la calidad del grano.</p>
Huracanes	<p>Daños o pérdidas de plantas de café.</p> <p>Erosión del suelo.</p> <p>Deslave del terreno.</p> <p>Daños en infraestructura, transporte y procesamiento.</p>	<p>Altos costos para el productor.</p>

Fuente: elaboración propia con base en Boyd y Ibararán (2011); Läderach (2011); Baca et al. (2014); Granados et al. (2014); Fischersworing et al. (2016); USAID et al. (2016); Descamps (2017); Dufera (2017); Viguera et al. (2017b).

Escenarios de cambio climático en Xalapa y Tlalnahuayocan

La ciudad de Xalapa ha sufrido una rápida urbanización, la expansión no planificada ha generado una disminución y deterioro de ecosistemas urbanos y periurbanos. A pesar de este crecimiento desordenado, el entorno de la ciudad se caracteriza por una topografía de relieve irregular, con fuertes pendientes y barrancas profundas, situación que ha favorecido la permanencia de algunos remanentes de bosques y cafetales de sombra que proveen servicios ambientales a la población de la región (Figura 2).

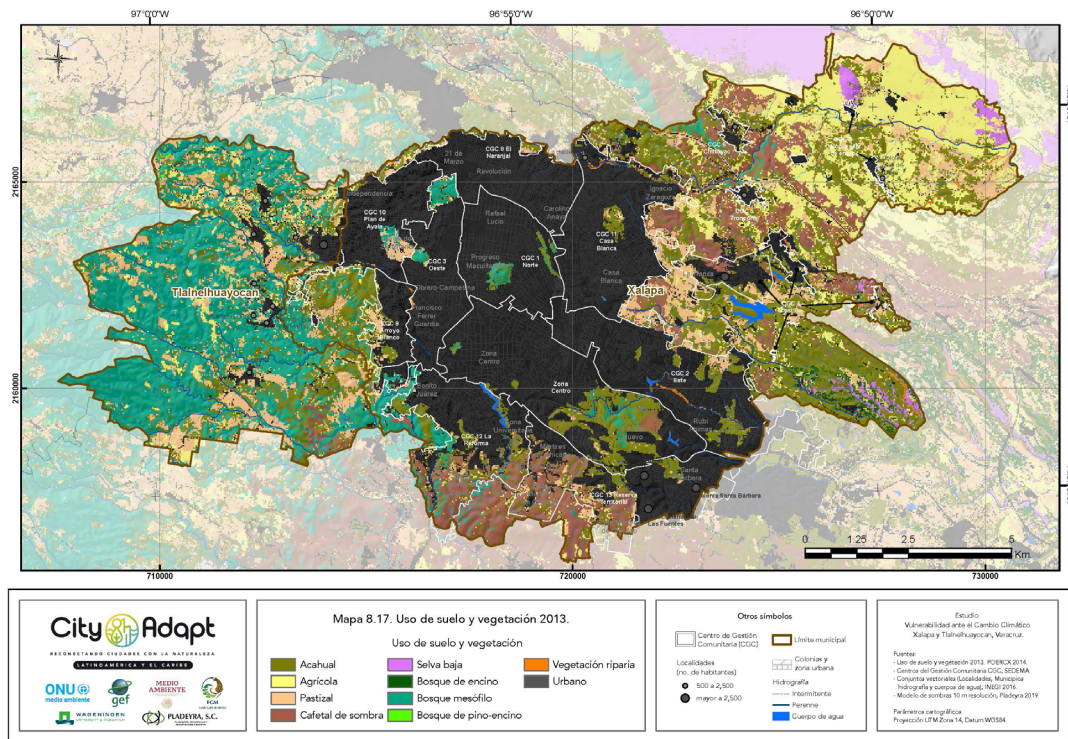


Figura 2. Mapa de vegetación y usos del suelo en la región de Xalapa y Tlalnahuayocan. Fuente: Tomado de CityAdapt (2019)

En 2014 la temperatura media anual en Xalapa y Tlalnahuayocan se situó en el rango de 14 a 21 °C; en las altitudes más bajas la temperatura promedio anual va de los 18 a los 21 °C y en las zonas montañosas presentan temperaturas que van de los 14 a los 18 °C. Los escenarios de cambio climático para la región muestran que para el año 2039, la temperatura promedio anual podría incrementarse entre 0.93 y 1.7 °C. El rango mínimo corresponde a la zona oriental del municipio de Xalapa, mientras que los mayores incrementos de temperatura corresponden a las zonas montañosas (Figura 3) (CityAdapt, 2019).

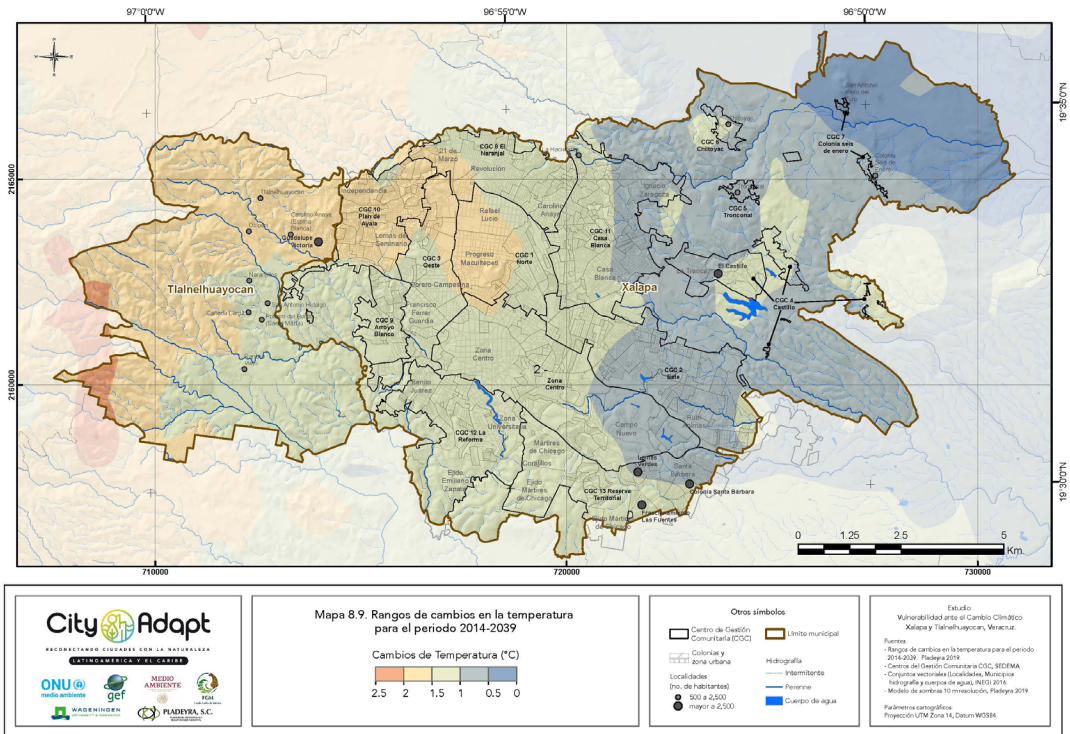


Figura 3. Rangos de cambio en la temperatura bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5 2014-2039
Fuente: Tomado de CityAdapt (2019)

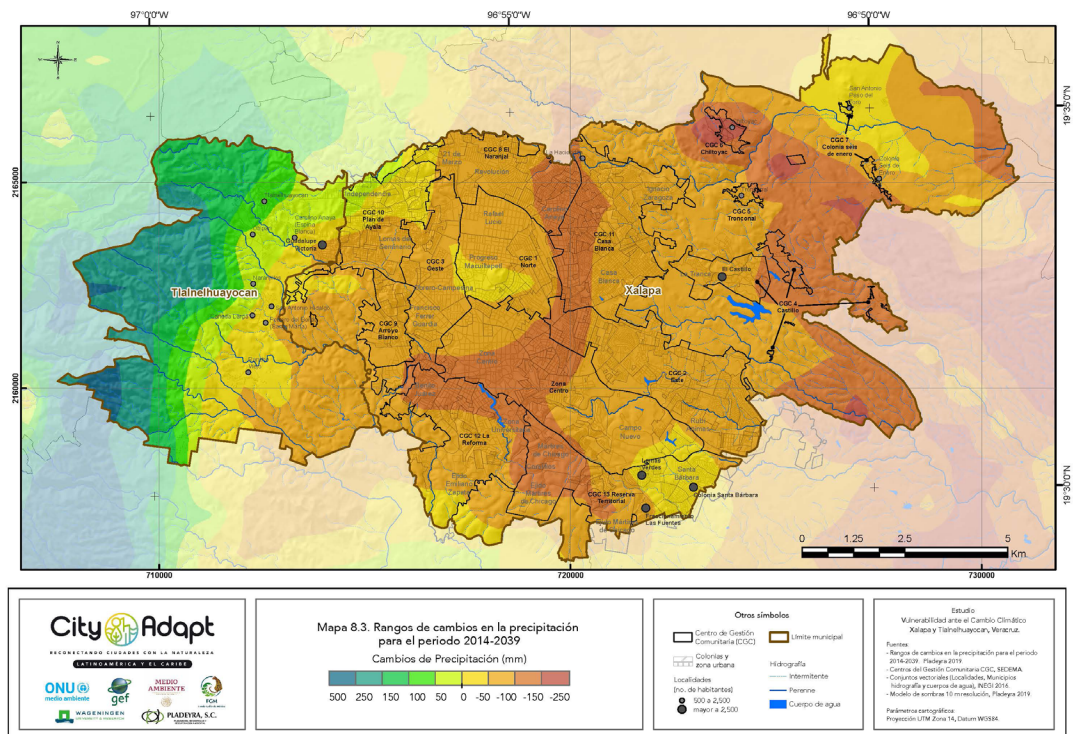


Figura 4. Rangos de cambio en la precipitación bajo el escenario de cambio climático RCP 4.5 2014-2039
Fuente: Tomado de CityAdapt (2019)

Respecto a la precipitación, los datos meteorológicos para la región muestran un rango de precipitación promedio anual de 1,000 mm a 1,700 mm. La zona montañosa presenta los niveles de precipitación más altos, con un rango que va de los 1,600 a los 1,700 mm al año. Los escenarios de cambio climático indican que podría presentarse un aumento de hasta 500 mm en la parte montañosa del municipio de Tlalnahuayocan y reducciones de hasta 250 mm en el resto del área (Figura 4) (CityAdapt, 2019).

En los municipios de Xalapa y Tlalnahuayocan los usos de suelo agrícola y ganadero tuvieron pérdidas debido al crecimiento urbano, entre ellos los cafetales de sombra que fueron convertidos a zonas urbanas. Las proyecciones de cambios en el uso del suelo para el año 2039 predicen un crecimiento más acelerado de las zonas urbanas, se espera que 767 ha de cafetales bajo sombra sean convertidos (CityAdapt, 2019).



3. Buenas prácticas para la adaptación

Para reducir o evitar los daños que el cambio climático puede ocasionar, es necesario implementar acciones que contribuyan a disminuir la vulnerabilidad actual y futura. La adaptación es un factor que determinará la severidad futura de los impactos del cambio climático sobre la producción de alimentos (Nicholls et al., 2015).

La adaptación al cambio climático es el ajuste de un sistema para moderar los impactos del cambio climático, aprovechar las nuevas oportunidades o enfrentar las consecuencias (Adger et al., 2003). Las acciones adaptativas tratan de responder a los cambios y anticiparse a los efectos.

Los cambios en las condiciones climáticas y la incidencia de plagas y enfermedades que impactan la producción de café indican la necesidad urgente de adoptar medidas para enfrentar las afectaciones y avanzar hacia la adaptación del sector cafetalero.

Las medidas de adaptación son las actividades, prácticas o acciones que proponen para minimizar los daños y convivir o reducir los efectos de las amenazas climáticas (UICN, 2018).

La adaptación no requiere necesariamente nuevas tecnologías, frecuentemente moviliza las prácticas y los recursos existentes en un sentido diferente. Muchos enfrentan al cambio climático y minimizan la reducción de rendimientos mediante el uso de un conjunto de prácticas tradicionales adaptadas a las condiciones climáticas y geográficas del lugar donde se aplican (AECID, 2018).

Se consideran **buenas prácticas** aquellas medidas que se pueden realizar para reducir las condiciones de vulnerabilidad ante el cambio climático, desde el ámbito de la producción o de la gestión de los actores (UE y IICA, 2015).

A continuación, se describen un conjunto de prácticas que pueden contribuir a reducir los impactos negativos del cambio climático sobre el cultivo de café. Dichas prácticas se identifican como Adaptación basada en Ecosistemas, enfoque que tiene como propósito proteger a las personas

y sus medios de vida frente a los eventos climáticos, mediante el uso de bienes y servicios de los ecosistemas naturales y productivos (UICN, 2018).

3.1 DIVERSIFICACIÓN DEL CAFETAL (POLICULTIVO)

La diversificación del cafetal se considera una práctica de adaptación al cambio climático que aprovecha los múltiples recursos naturales del agroecosistema. Los policultivos poseen un alto grado de diversidad de especies vegetales. Esta estrategia minimiza los riesgos mediante el cultivo de diferentes especies y variedades, estabiliza los rendimientos a largo plazo, promueve la diversidad de la dieta y maximiza la rentabilidad de la producción (Altieri y Toledo, 2011).

La diversificación se relaciona con los niveles de biodiversidad en la finca, los cuales favorecen la capacidad de responder ante el impacto de un evento climático extremo. La biodiversidad funciona como un seguro, o un amortiguador, contra las fluctuaciones ambientales porque las distintas especies responden de manera diferenciada a los cambios (Lin, 2011).

Un ejemplo de la capacidad de estos sistemas para proteger al cultivo de eventos climáticos extremos, como huracanes y tormentas tropicales, es el estudio comparativo del impacto del paso del huracán Mitch en 1998 que abarcó 360 comunidades y 24 departamentos de Nicaragua, Honduras y Guatemala. Los resultados mostraron que los agricultores que usaban prácticas sustentables, como cultivos de cobertura, cultivos intercalados y agroforestería sufrieron menos daño que sus vecinos convencionales; las parcelas diversificadas que tenían de 30% a 40% más capa vegetal, mayor humedad de suelo, sufrieron menos erosión y experimentaron pérdidas económicas inferiores que sus vecinos convencionales (Holt-Gimenez, 2008).

En Chiapas, México, los sistemas de café que presentaron altos niveles de complejidad y diversidad de especies vegetales, sufrieron menos daños por el huracán Stan, que los sistemas de café más simplificados (Philpott et al., 2008).

Los policultivos se caracterizan por la diversidad de plantas y fuentes de nutrientes, la existencia de depredadores de plagas, polinizadores, bacterias que fijan nitrógeno y otras bacterias que descomponen la materia orgánica, además de una amplia variedad de otros organismos que realizan múltiples funciones ecológicas benéficas (Altieri y Toledo, 2011).

Por otro lado, la amplia variedad de productos que se obtienen de un cafetal diversificado permite a los productores diversificar sus ingresos mediante su venta. Algunos de los productos que proveen los cafetales son: leña, madera, frutos, plantas herbáceas comestibles, follaje, flores ornamentales, especies, plantas medicinales, entre otros (Moguel y Toledo, 2004).

Por todo lo anterior, se recomienda un cafetal diversificado por ser un sistema que mejora la fertilidad del suelo, reduce la incidencia de plagas y enfermedades, suprime arvenses² y mejora la eficiencia del sistema, reduce los riesgos y costos de producción, favoreciendo la adaptación al cambio climático (Nicholls y Altieri, 2019).

3.2 USO DE VARIEDADES MEJORADAS

El aumento de la temperatura y los nuevos regímenes de lluvias están cambiando la distribución y frecuencia de plagas y patógenos que alteran la frecuencia y gravedad de las epidemias (FAO, 2015).

En el caso del cultivo de café, la enfermedad causada por el hongo *Hemileia vastatrix* (roya del café) tuvo un brote atípico en 2012, que ha sido el más grave y extenso en la región de México y Centroamérica. La conjunción de múltiples factores favoreció el desarrollo de la epidemia. Por un lado, la alteración de los patrones de precipitación y temperatura, por otro lado, los precios bajos del café, afectaron los ingresos de los productores y les impidió invertir en el mantenimiento y la atención fitosanitaria de los cafetales. A lo anterior, se suma la sensibilidad de las variedades cultivadas y la edad avanzada de las plantas (Canet et al., 2016).

Como respuesta rápida a la crisis de la roya del café se ha optado por el control químico y la resistencia genética con nuevas variedades (Escamilla y Díaz, 2018). A través del mejoramiento genético se obtienen híbridos que contribuyen a estabilizar la producción con plantas que son más resistentes o tolerantes a plagas y enfermedades, a la sequía, al calor, al frío, al viento, u otros factores negativos (USAID et al., 2016).

Como consecuencia variedades de café arabica como Typica, Bourbon, Caturra, Garnica, Mundo

² Representan plantas sin valor económico o que crecen fuera de lugar interfiriendo en la actividad de los cultivos, afectando su capacidad de producción y desarrollo normal por la competencia de agua, luz, nutrientes y espacio físico, o por la producción de sustancias nocivas para el cultivo (Blanco y Leyva, 2007).

Novo, Catuaí, Pluma Hidalgo y Pacamara, reconocidas por su alta calidad en taza, están siendo sustituidas por híbridos del Timor (resultado de un cruce entre el *Coffea arabica* y el *Coffea canephora*) como Catimores y Sarchimores (Escamilla y Díaz, 2018; Henderson, 2019).

Cabe mencionar que las variedades híbridas requieren más inversión en términos de mano de obra e insumos (una poda de formación y dos o tres labores de limpia al año, dos fertilizaciones por sus altos requerimientos nutricionales), y control continuo de la sombra debido a sus requisitos exigentes de luz; además, tienen una baja calidad en taza (Henderson, 2019).

Por lo anterior, no solo es necesario disponer de variedades que brinden resistencia a problemas fitosanitarios, elevada productividad y adaptación a distintos sistemas de cultivos, sino también de variedades de alta calidad organoléptica³ y buenas características del grano, que permitan ser competitivos en el mercado internacional (Zamarripa y Escamilla, 2016).

La selección de variedades debe analizarse cuidadosamente, las variedades mejoradas por un lado ofrecen resistencia a la roya y mayor productividad, pero por otro, demandan una disminución de la sombra en los cafetales, mayor dependencia hacia fertilizantes químicos y menor calidad física del grano y sensorial de la bebida, en comparación con las variedades tradicionales (Escamilla y Díaz, 2018).

3.3 MANEJO DE SOMBRA

En los cafetales de México la sombra es el elemento característico y juega un papel importante en la estabilidad del agroecosistema cafetalero (Robledo y Escamilla, 2016).

La complejidad estructural de los agroecosistemas forestales como el café, protege al cultivo de las fluctuaciones de temperatura manteniéndolo más próximo a sus condiciones óptimas. Además, el uso de árboles de sombra protege al cafetal de la disminución de las precipitaciones y la reducción de la disponibilidad de agua del suelo, porque la cobertura arbórea puede reducir la evaporación del agua y aumentar la infiltración de agua en el suelo (Nicholls et al., 2015).

Por otro lado, los árboles que forman el sombreado de los cafetales son importantes para la con-

³ Las características organolépticas del café se refieren a la acidez, el cuerpo, el aroma y el sabor.

servación de la biodiversidad y los servicios ambientales que brindan (Manson et al., 2018). Las funciones y beneficios que proporcionan (SCAN-Guatemala, 2015) son las siguientes:

- Contribuye a enriquecer la biodiversidad de flora y fauna del agroecosistema.
- Conserva la humedad del suelo mediante la formación de una cobertura de hojarasca.
- Disminuye la acción del calor solar sobre el suelo y la raíz del cafeto, favoreciendo la actividad biológica del suelo.
- Disminuye la evaporación del agua en el suelo y la transpiración de la planta, mejorando sus reservas de agua.
- Dificulta el desarrollo normal de las arvenses
- Minimiza la pérdida del suelo a causa de la erosión, atenuando el golpe del agua de la lluvia con su follaje y materia orgánica.
- Es fuente de energía alterna aprovechable mediante la obtención de leña.
- Contribuye a descontaminar el ambiente, al fijar carbono.
- Contribuye a la producción de oxígeno.
- Protege a las plantaciones de café de la acción directa de los vientos, al reducir su velocidad.
- Reduce daños por temperaturas bajas, al regular los cambios bruscos de la temperatura.
- Conserva y mejora la fertilidad de los suelos, mediante la materia orgánica que genera.
- Contribuye a conservar la calidad del café, gracias a la maduración lenta del grano.
- Hay un aumento proporcional del tamaño del grano de café, a mayor densidad de la sombra.

- Reduce el número de frutos deformados.
- Reduce la demanda de insumos agroquímicos para el mantenimiento de los cafetales.
- Produce leña, madera y frutos.

La sombra puede clasificarse en dos tipos de acuerdo con su duración en el cafetal (FUNDESYRAM, 2010): sombra temporal y sombra permanente.

Sombra temporal: consiste en sembrar plantas de rápido crecimiento, que cumplan la función de sombrear, mientras la especie permanente se desarrolla. Este tipo de sombra ofrece las siguientes ventajas:

- Controla arvenses en la etapa inicial de desarrollo de los cafetos.
- Controla la erosión.
- Es fuente de materia orgánica.
- Aporta beneficios al productor (produce leña, semillas, fija nitrógeno).
- Propicia la biodiversidad.
- Al eliminarla sirve de cobertura al suelo.

Sombra permanente: es aquella que subsistirá durante toda la vida del cafetal. Los árboles para este tipo de sombra deben cumplir con las siguientes características:

- Follaje alto, ralo y extendido.
- Tolerante a vientos y plagas.
- Adaptable al clima y suelos de la región.
- Fijador de nitrógeno al suelo.
- Se defolice en época de floración.
- De fácil propagación.

- Sistema radial fuerte y profundo.
- Buena respuesta a la poda.
- Crecimiento rápido y de larga duración.
- Troncos sin espinas.
- Permita una adecuada luz al cafetal.

Los árboles del género *Inga* son usados como sombra principal de los cafetales por la capacidad que tienen de atrapar nitrógeno del aire y fijarlo en las raíces. En caso de que se requiera introducir árboles, se recomienda el uso de especies nativas y su combinación con especies maderables, alimenticias, medicinales, para construcción y para leña (Manson et al., 2018).

Un principio general para el manejo de la sombra es que, a mayor altura sobre el nivel del mar, la distancia entre los árboles deberá ampliarse. Las zonas bajas y medias, con mayor luminosidad requieren una penumbra más densa, especialmente en la época de maduración del café (Robledo y Escamilla, 2016).

El manejo de la sombra de los árboles es una forma eficiente de proteger a los cafetos. El exceso de sombra limita la cantidad y calidad de luz solar para la producción, lo que provoca una disminución de la actividad fotosintética, reducción de la energía y del estímulo al metabolismo de la planta; favorece condiciones de alta humedad en el suelo, dificulta la adecuada ventilación dentro del cafetal, lo cual incide en el desarrollo de enfermedades. Mientras que el exceso de radiación solar acelera el metabolismo de la planta, provoca su deterioro y disminuye la vida productiva del cafeto; demanda mayor cantidad de insumos agroquímicos para compensar la falta de nutrientes y predispone a las plantas al ataque de enfermedades (SCAN-Guatemala, 2015).

A continuación, se describen los distintos tipos de podas de árboles de sombra (Robledo y Escamilla, 2016):

Poda de formación. Se realiza cuando los árboles de sombra están jóvenes (menor a cinco años), y consiste en favorecer la formación de un tronco de tallo de 2 a 5 metros de altura, librando el estrato o piso que ocupan los cafetos.

Poda de mantenimiento o de regulación. Se realiza con el objetivo de proyectar más luz al interior del cafetal y mejorar su distribución. En este tipo de poda se debe descubrir el centro de la copa del árbol, eliminar ramas bajas, eliminar ramas que se entrecruzan con otros árboles, quitar ramas malformadas, quitar ramas afectadas por daños mecánicos o por el viento y eliminar ramas dañadas por plagas y enfermedades.

Eliminación de árboles. La eliminación se realiza para el aprovechamiento de la madera o leña, por el exceso de sombra o porque se considera que el árbol es inadecuado como sombra.

3.4 PRÁCTICAS DE CONSERVACIÓN DE SUELOS

Las prácticas de conservación de suelos contribuyen a enfrentar amenazas al cultivo del café tales como: erosión, baja fertilidad, daños por vientos fuertes y cambios extremos de temperatura.

La erosión provocada por la lluvia ocurre por el impacto directo de las gotas de agua en la tierra o por la escorrentía del agua que arrastra las partículas de tierras desprendidas (Descamps, 2017).

Para evitar la erosión del suelo se deben implementar prácticas de conservación que contribuyan al amortiguamiento del suelo contra el impacto de la lluvia torrencial; que incrementen la capacidad de infiltración para reducir el escurrimiento superficial y su velocidad; aumenten la estabilidad y estructura del suelo para hacerlo más resistente a la erosión. A continuación, se describen algunas prácticas de conservación.

3.4.1 Siembra en curvas de nivel

Consiste en sembrar en hileras siguiendo curvas de nivel (Figura 5). Es una práctica sencilla y con un nivel bajo de inversión inicial; contribuye a reducir la escorrentía y el arrastre de suelo pues cada surco de siembra funciona como una barrera de paso (MAG, 2010; IICA, 2017). Se recomienda en áreas limitadas con laderas no muy largas, con una pendiente mayor del 3% y menor de 7% (MAG, 2010).

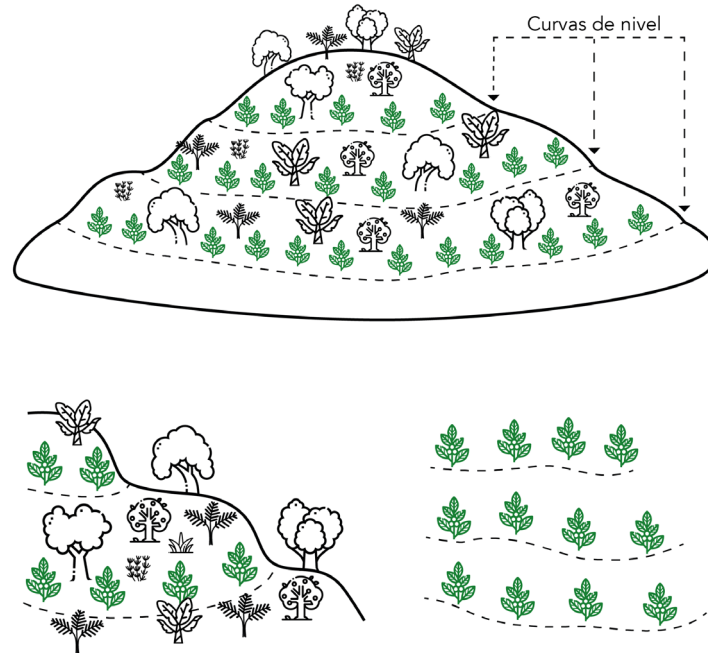


Figura 5. Siembra en curvas de nivel

Para el trazo de las curvas de nivel se puede utilizar el aparato "A" (Figura 6), éste se construye a partir de dos varas o reglas de 2.10 m de largo y una de 1.50 m, se arma de manera tal que toma la forma de la letra "A" mayúscula (Aranda et al., 2017).

Trazado de curvas a nivel con el Aparato A:

1. Se identifica la línea de pendiente máxima y se marca con una estaca su punto medio, para que sirva de referencia.
2. En este punto se sitúa una de las patas del aparato A. Se mueve la otra pata en sentido lateral, hasta tocar un punto en el suelo que coincida con la marca central trazada en el travesaño del aparato A. En este punto se coloca otra estaca.
3. Desde la segunda estaca se sigue moviendo en forma lateral el nivel A, como si se tratara de un compás, hasta hacer coincidir un nuevo punto de nivel en el suelo. Allí se planta una nueva estaca.
4. Se repite el proceso a lo largo de toda la curva y en todo el terreno (IICA et al., 2012).

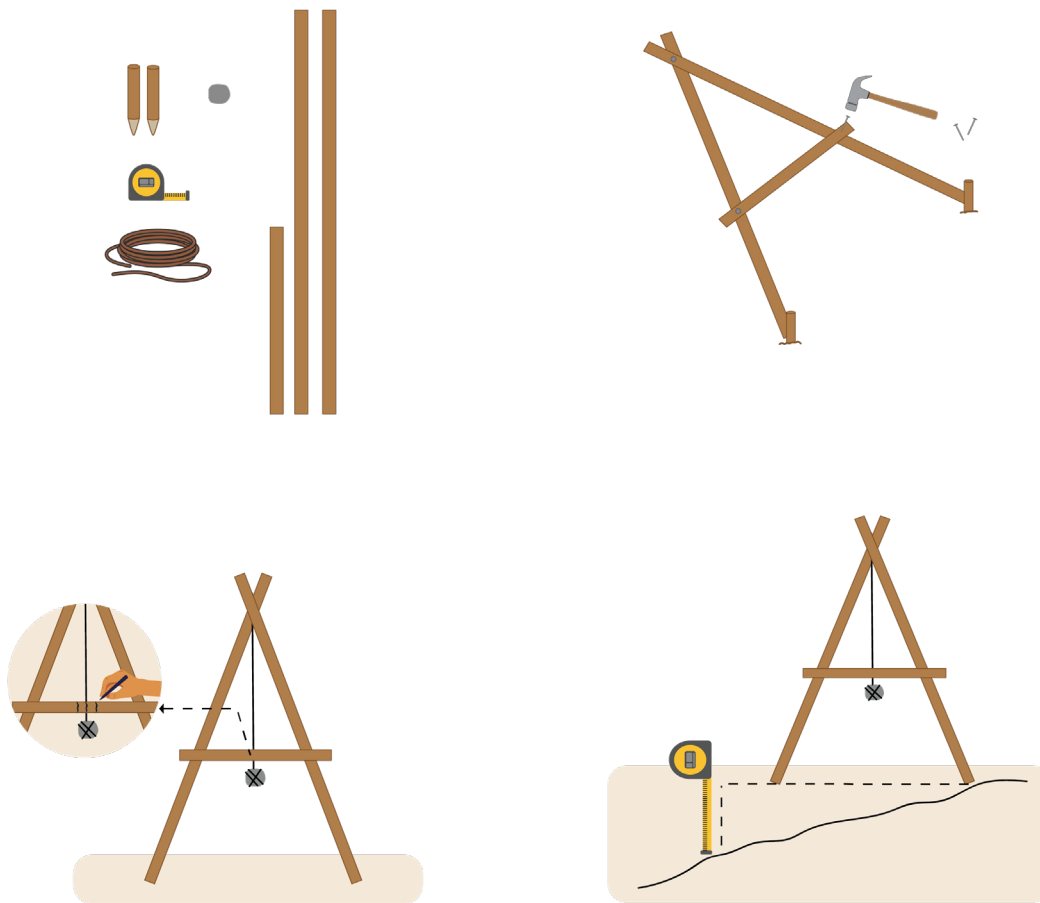


Figura 6. Aparato A.

3.4.2 Barreras vivas

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso, sembradas en curvas de nivel (Figura 7). Las plantas se siembran una cerca de la otra para formar una barrera continua que protege al suelo. Reducen la velocidad del agua y del viento porque divide la ladera en pendientes más cortas. Sirven también como filtro, pues captan los sedimentos que van en el agua de escurrimiento (IICA et al., 2012; IICA, 2017).

Se recomienda realizar un control de arvenses en el primer año, así como podas periódicas para que no ocupen el espacio del cultivo y colocar rastrojos en el lado superior de la barrera viva (IICA et al., 2012).

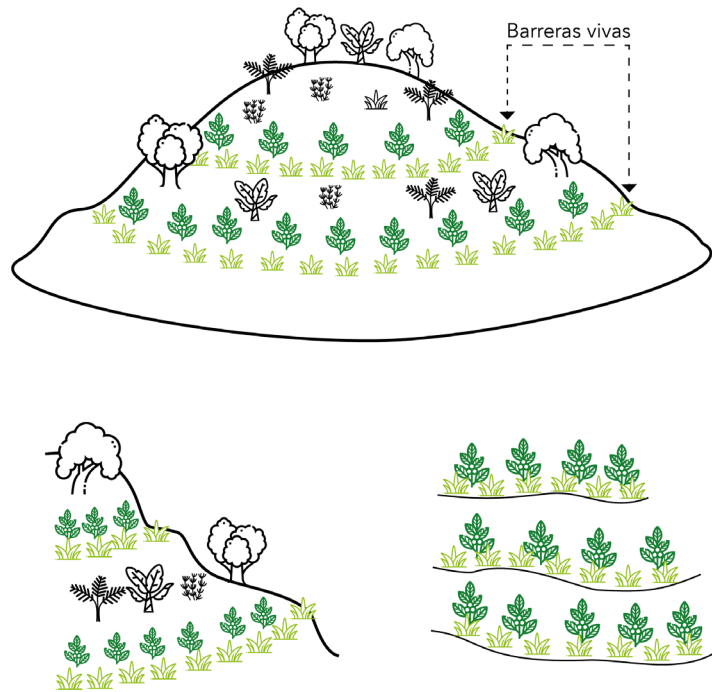


Figura 7. Barreras vivas

3.4.3 Barreras muertas

Son hileras o muros de materiales como piedras, troncos y ramas que se colocan siguiendo una curva de nivel (Figura 8). Estos materiales pueden ser producto de la regulación de sombra y de las podas de los cafetos, y las piedras que están en la finca. Al igual que las barreras vivas, tienen la función de reducir la velocidad de la escorrentía y detener el suelo que se erosiona en las partes superiores de la ladera, favoreciendo la infiltración del agua. Si se acompañan de barreras vivas se mejora la infiltración de agua y fertilidad del suelo (IICA et al., 2012; Aranda et al., 2017).

Se recomienda para zonas secas y semihúmedas, mientras que en las muy húmedas se corre el riesgo de encharcamiento, sobre todo en suelos de baja infiltración. Por otro lado, las barreras deben estar bien niveladas; cuando se dejan con huecos o espacios vacíos facilitan la erosión (IICA et al., 2012).

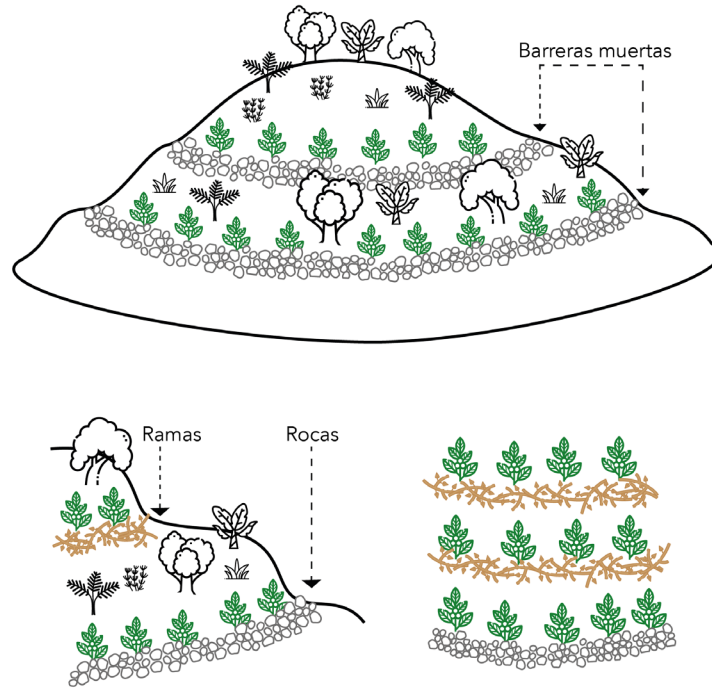


Figura 8. Barreras muertas.

3.4.4 Cobertura de suelo

Consiste en el uso de plantas vivas para cubrir el suelo (Figura 9). Protege al suelo mediante la interceptación y absorción del impacto directo de la gota de lluvia, contribuyendo al sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo (Robledo y Escamilla, 2016). Además, producen alta cantidad de biomasa y aportan nutrientes al suelo.

Las plantas que se emplean como cobertura son arvenses o especies cultivadas con un propósito definido, por ejemplo, las leguminosas que fijan nitrógeno y las gramíneas que proporcionan carbono (Robledo y Escamilla, 2016).



Figura 9. Cobertura de suelo

3.4.5 Incorporación de materia orgánica

Las hojas de los árboles de sombra y el material que resulta de las podas y limpiezas del cafetal son una fuente de materia orgánica. Este material vegetativo puede ser acumulado entre las hileras de café con el objetivo de formar una capa protectora del suelo (mantillo o mulch). Es recomendable realizar esta práctica en suelos con pendientes ligeras donde la erosión no es excesiva y puede ser controlada por la vegetación (Geissert et al., 2013).

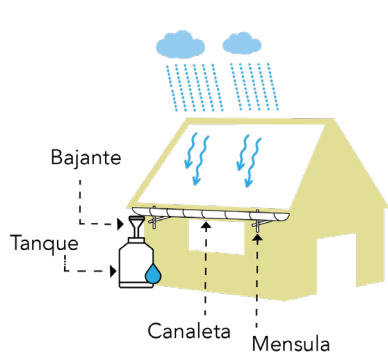
Otra forma de aportar materia orgánica es mediante la aplicación de la pulpa de café (preferentemente seca y descompuesta) y de abonos orgánicos o compostas (Descamps, 2017).

La materia orgánica del suelo mejora la capacidad de retención de agua del suelo, incrementando la tolerancia de los cultivos a las sequías, también aumenta el nivel de infiltración, disminuye la escorrentía evitando, que las partículas de suelo sean transportadas por el agua durante las lluvias intensas (Nicholls et al., 2015). Permite que el suelo retenga más nutrientes de los abonos que se aplican, propiciando que las plantas lo aprovechen mejor y por más tiempo; evita que el suelo se compacte y favorece el desarrollo de raíces más grandes y fuertes en las plantas de café, incrementando la resistencia a la sequía (Descamps, 2017).

3.5 CAPTACIÓN DE AGUA DE LLUVIA

El uso de sistemas de captación y aprovechamiento del agua de lluvia es más necesario en la medida que: a) el patrón de ocurrencia de lluvias, en términos de volumen precipitado, está en el límite inferior o por debajo de la cantidad requerida por los diferentes tipos de uso en la finca; b) su distribución temporal es variable con la estación del año; y c) su distribución es incierta (patrón poco definido), con excesos y déficits en diferentes periodos o estaciones (FAO, 2013).

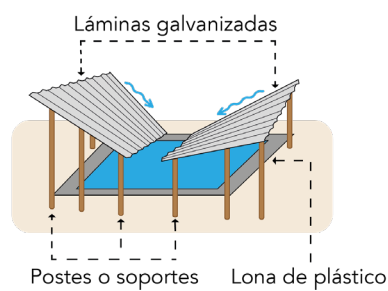
Un sistema de captación de agua de lluvia permitiría disponer de agua para el cultivo y los quehaceres domésticos. En la figura 10 se muestran algunas opciones para la captación.



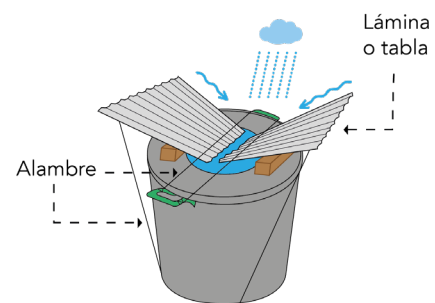
Cosecha de agua en techos



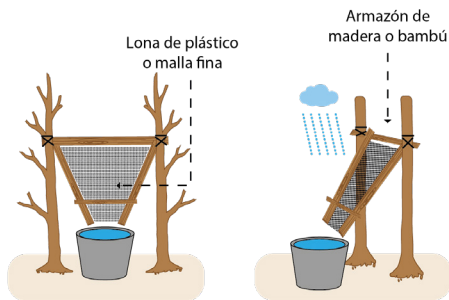
Modelo portátil con base de madera sólida.



Reservorio semitechado en terreno plano.



Modelo con lámina colocada en depósito.



Modelo que aprovecha la presencia de árboles.



Modelo con lámina sujeta a tanque.

Figura 10. Técnicas de captación de agua de lluvia. Fuente: Adaptado de JICA (2015).

3.6 MANEJO AGROECOLÓGICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

Como se ha mencionado anteriormente, el desarrollo de plagas y enfermedades está muy relacionado con las condiciones climáticas y se espera que sus comportamientos sean modificados por los cambios y la variabilidad en el clima. Son varias las plagas y enfermedades que afectan a

los cafetales, para su control se recomienda un manejo agroecológico.

El manejo agroecológico emplea métodos amigables con la naturaleza, enfatiza el uso del control cultural, mecánico, biológico y etológico (Cenicafé, 2016; Barrera et al., 2018).

El control cultural. Se refiere a la implementación de prácticas agrícolas para evitar ataques de insectos plaga; se realiza de manera preventiva para reducir la probabilidad de que insectos se reproduzcan, se desarrollen, colonicen y dañen el cultivo.

El control mecánico. Se refiere a actividades para matar directamente al organismo dañino o impedir que lleguen al cultivo.

El control biológico. Utiliza enemigos naturales (depredadores, parasitoides o patógenos) para el control del organismo dañino.

El control etológico. Se refiere al uso de sustancias químicas, naturales o sintéticas, para repeler o atraer plagas a un determinado sitio para eliminarlas, modificar su actividad sexual o alterar su orientación.

A continuación, se describe el manejo agroecológico de las plagas y enfermedades más importantes del café. Cabe mencionar que algunas de las buenas prácticas para la adaptación, descritas previamente, también contribuyen al control de plagas y enfermedades.

3.6.1 Plagas

Broca (*Hypothenemus hampei*)

La broca es un insecto que destruye frutos tiernos, granos maduros, cerezas y almendras. En frutos jóvenes, el insecto perfora los granos que aún se encuentran en estado blando-lechoso. El fruto verde y maduro atacado pierde peso, aumenta la mancha (malos sabores en taza), da mala apariencia, disminuyen los rendimientos de la cosecha y disminuye el precio (Robledo y Escamilla, 2016; Barrera et al., 2018).

Manejo agroecológico

- Muestreo de frutos infestados
- Recolección de frutos después de la cosecha para que la broca no tenga alimento para vivir.
- Regulación de sombra, control de arvenses, fertilización y nutrición del cafetal.
- Aplicación del hongo *Beauveria bassiana*.
- Uso de insectos *Cephalonomia stephanoderis*, *Prorops nasuta* y *Phymastichus coffea*.
- Monitoreo y trapeo de brocas voladoras durante el periodo intercosecha con trampas artesanales cebadas con atrayente. Las trampas (Figura 11) se elaboran con botellas de plástico reciclable PET, preferentemente de 2 a 3 litros de capacidad. A cada botella se le abre una ventana en la parte central para permitir el acceso de las brocas. El atrayente consiste en una mezcla de metanol y etanol en proporción de 3 a 1, respectivamente, el cual se vierte en un gotero con un pequeño agujero en el tapón para facilitar su evaporación. El difusor del atrayente (gotero) se sujeta en el interior de la botella. En el fondo de la botella se pone agua para atrapar a las brocas atraídas. Las trampas deben colocarse en la rama de un cafeto, a una altura sobre el suelo de 1.2 a 1.5 m.

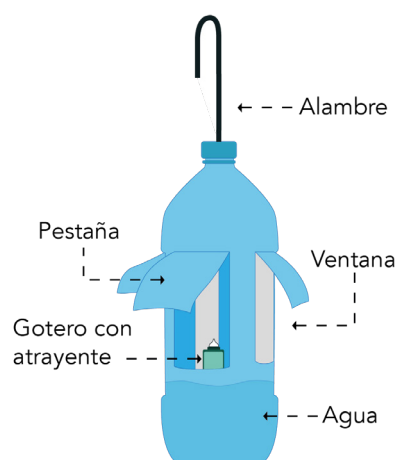


Figura 11. Esquema de la Trampa. Fuente: Adaptada de SAGARPA (2008).

Minador de la hoja (*Leucoptera coffeella*)

Es una polilla blanca que mide unos 2.5 mm de largo con un penacho blanco en la cabeza. El daño lo causa la larva que consume 1 a 2 cm del área foliar. La falta de hojas reduce la actividad fotosintética y en consecuencia la disponibilidad de nutrientes para los frutos (Robledo y Escamilla, 2016; Aranda et al., 2017; Barrera et al., 2018).

Manejo agroecológico

- Regulación de sombra en época próxima al periodo de lluvias.
- Manejo de cobertura de materia orgánica sobre el suelo.
- Manejo de podas del cafeto para estimular crecimiento vigoroso y reducir las poblaciones del minador.
- Manejo de arvenses.
- Aplicación de abonos orgánicos.
- Monitoreo de los machos del minador mediante feromonas sexuales.
- Uso de microorganismos como avispas, abejas, abejorros y hormigas que parasitan a las larvas del minador del café, tales como: *Chrysonotomyia sp.*, *Chrysocharis sp.*

3.6.2 Enfermedades

Roya del café (*Hemileia vastatrix*)

Es la enfermedad del cafeto más importante, ataca únicamente las hojas. Es un hongo que se disemina por diferentes medios como el viento, la lluvia, los insectos y el hombre, entre otros (Robledo y Escamilla, 2016).

Manejo agroecológico

Como la roya necesita agua para vivir, el cafetal no debe estar muy húmedo. Es importante podar las partes enfermas del cafeto para evitar que se pase la roya de un arbusto enfermo a uno sano. La regulación a base de podas debe hacerse cada año, después de la cosecha y antes de la floración. Se sugieren las siguientes podas:

Poda sanitaria severa. Consiste en eliminar todo el tejido viejo y ramas enfermas e improductivas.

Poda de formación. Consiste en formar la estructura del cafeto.

Poda de rejuvenecimiento. Consiste en la eliminación parcial del tejido, para estimular la planta a que desarrolle nuevo follaje.

La sombra es un factor determinante por lo que se recomienda su regulación mediante la poda de los árboles. Además, la roya prospera más en plantas débiles, por lo que una buena fertilización es de gran ayuda; se recomienda sustituir los fertilizantes químicos por productos orgánicos o biológicos tales como, abonos o compostas preparados a base de pulpa de café y lombrices, entre otros, para mejorar la composición física y nutricional de los suelos. Se recomienda el caldo Bordelés, que por ser ligeramente alcalino tiene efectos más efectivos en el control de la roya. Se aconseja realizar dos aplicaciones del caldo, la primera en el inicio de las lluvias y la segunda 30 días después (Barrera et al., 2018).

Ojo de gallo (*Mycena citricolor*)

Esta enfermedad es causada por un hongo que se presenta en la parte de arriba de las hojas como manchas circulares de color pardo con bordes bien definidos. En ocasiones el tejido necrosado se desprende. En ataques severos, puede observarse caída de hojas de hasta en un 90% de la planta y daños en los frutos que afectan el despulpado (Robledo y Escamilla, 2016).

Manejo agroecológico

Una forma de reducir la incidencia de esta enfermedad consiste en realizar labores de cultivo que ayudan a modificar las condiciones que favorecen el desarrollo del hongo, las prácticas más importantes son: regulación de sombra, marco de plantación adecuado, podas de sanidad, fertilización, control oportuno de arvenses y drenaje de los terrenos húmedos.

En ocasiones la aplicación de cal favorece y acelera el proceso de descomposición de la materia orgánica y este proceso contribuye a modificar favorablemente la textura de muchos suelos pesados o arcillosos. Sin embargo, para aplicar cal, es necesario realizar antes un examen del pH del suelo para determinar la posibilidad de usarlo. Si la defoliación es grave y hay peligro de mayor diseminación, se recomienda recoger del suelo el follaje e incinerarlo o bien aplicarle caldo bordelés. Generalmente el ojo de gallo responde con relativa facilidad al tratamiento combinado con aspersiones y medidas de manejo del ambiente (Barrera et al., 2018).

3.7 ORGANIZACIÓN SOCIAL

Las organizaciones de productores juegan un papel muy importante en la implementación de acciones que se requieren para adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y mejorar las condiciones productivas de sus socios (USAID et al., 2016).

El fortalecimiento de las organizaciones y su integración en redes facilitaría la adopción de medidas de adaptación al cambio climático, mediante el intercambio de conocimientos, acceso a la información, fuentes de financiamiento, mercados y nuevas tecnologías (Schroth et al., 2009; Baca et al., 2014). Estas alternativas le permiten al pequeño productor mantener cierto nivel de ingreso familiar, sin recurrir al cambio de uso de suelo, ni a la degradación ambiental (CLAC, 2010).

Las organizaciones más fuertes y consolidadas podrían colaborar eficazmente con las instancias gubernamentales para promover la creación y financiamiento de medidas de prevención de desastres, la diversificación de los medios de vida, la comercialización y el seguro del cultivo (Schroth et al., 2009).

3.8 MONITOREO METEOROLÓGICO

Es importante que los productores estén bien informados sobre las condiciones climatológicas para enfrentar de mejor manera los riesgos que representan las heladas, granizadas, olas de calor, vientos fuertes, sequías e inundaciones.

El conocimiento anticipado de las condiciones climatológicas puede permitir a los cafeticultores realizar ajustes al calendario de prácticas de manejo del cafetal, tales como: podas, limpiezas y aplicación de abonos.

Los informes y boletines meteorológicos son una importante fuente de información para los productores, en ellos se reportan los principales eventos meteorológicos y climáticos de un periodo determinado. Las organizaciones de productores son otra vía de acceso a información climática.

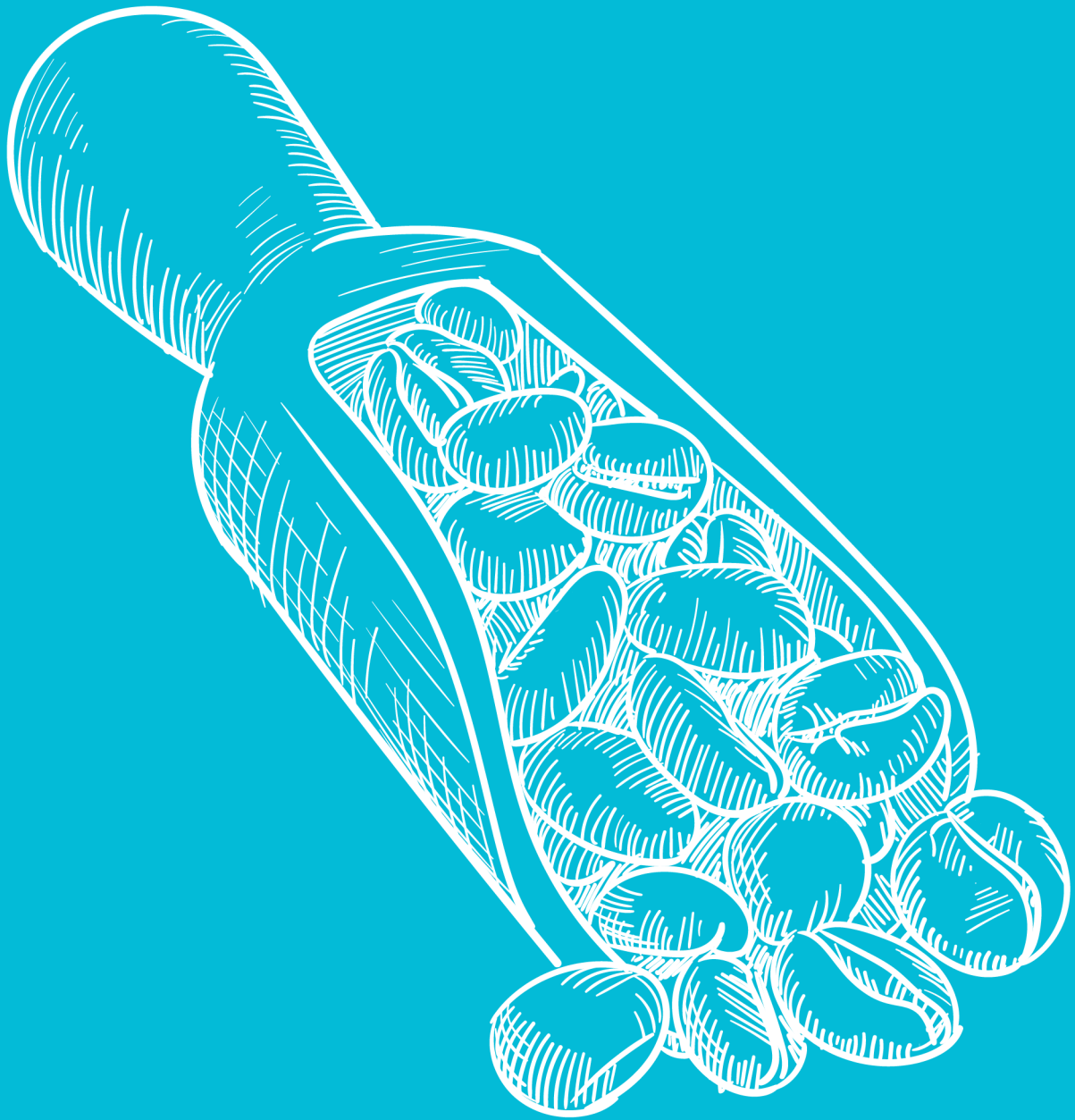
En la tabla 4 se presentan las prácticas y los beneficios para la adaptación.



Tabla 4. Buenas prácticas para la adaptación al cambio climático en el cultivo de café.

Práctica	Beneficios para la adaptación
Diversificación del cafetal	<p>Minimiza riesgos asociados a eventos climáticos extremos.</p> <p>Estabiliza rendimientos a largo plazo.</p> <p>Reduce los costos de producción.</p> <p>Favorece la diversificación de ingresos.</p> <p>Promueve una dieta diversa.</p>
Uso de variedades mejoradas	<p>Contribuye a estabilizar la producción.</p>
Manejo de sombra	<p>Protege a las plantas de café de los rayos del sol y del viento.</p> <p>Regula la temperatura del cafetal.</p> <p>Reduce la erosión del suelo.</p> <p>Conserva y mejora la fertilidad del suelo.</p> <p>Contribuye a conservar la calidad del café.</p>
Prácticas de conservación de suelo	<p>Reducen escorrentía.</p> <p>Reducen velocidad del agua y viento.</p> <p>Retienen sedimentos del suelo.</p> <p>Protegen al suelo del impacto de las gotas de lluvia.</p> <p>Mejoran la retención de agua del suelo.</p> <p>Favorecen la infiltración de agua.</p>
Captación de agua de lluvia	<p>Permite disponer de agua para el cultivo y los quehaceres domésticos.</p>
Manejo agroecológico de plagas y enfermedades	<p>Reduce incidencia de plagas y enfermedades.</p>
Organización social	<p>Facilita el acceso a la información, los recursos, los mercados, las nuevas tecnologías y las fuentes de financiamiento.</p>
Monitoreo del clima	<p>Permite realizar ajustes al calendarios de prácticas de cultivo.</p>

Fuente:elaboración propia.

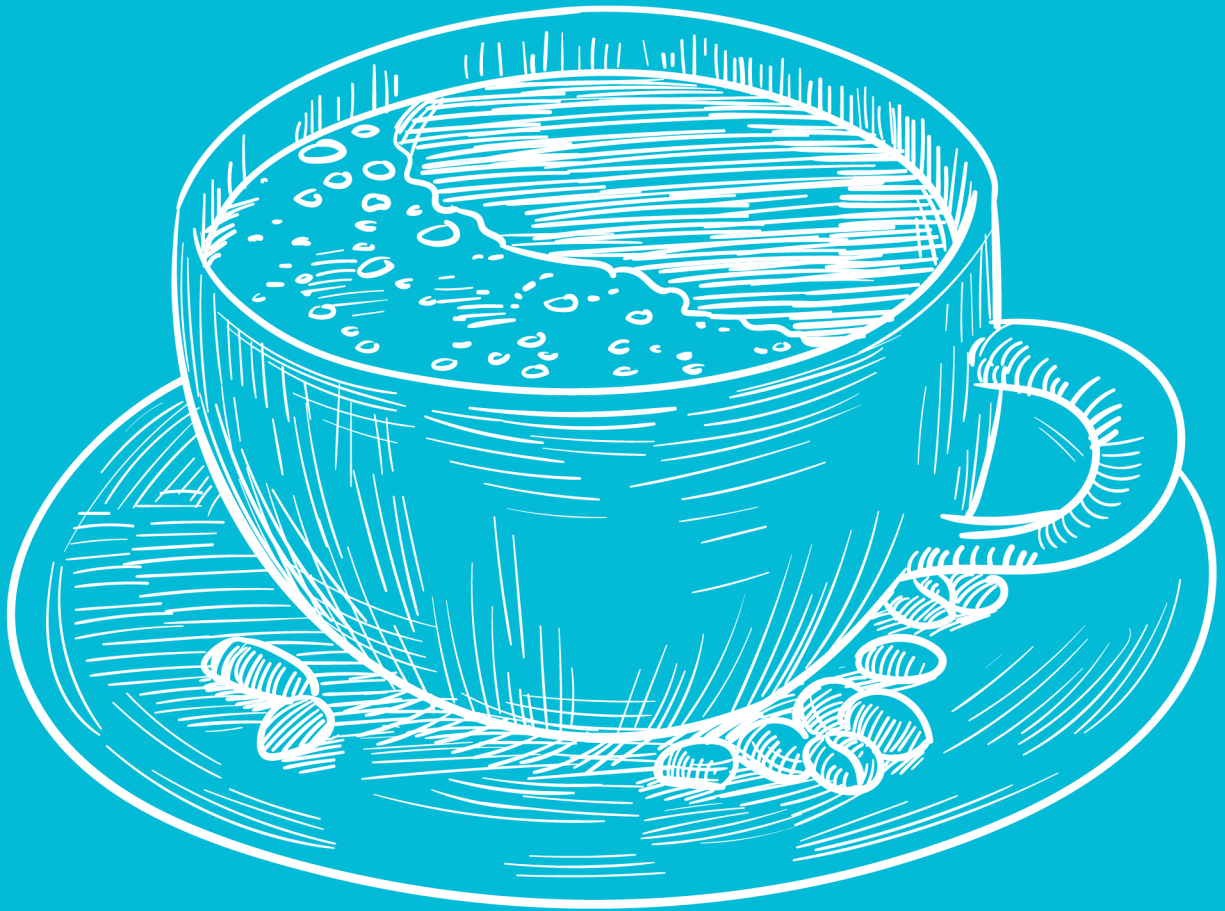


Consideraciones finales

El cambio climático es inequívoco y sus repercusiones en el cultivo de café son innegables. Aún en escenarios de cambio climático es posible reducir los impactos negativos y la vulnerabilidad en el cultivo de café mediante la aplicación de un conjunto de prácticas que favorezcan la adaptación del cultivo a los efectos adversos del cambio climático y que permitan seguir disfrutando de los múltiples servicios ecosistémicos que los cafetales bajo sombra proveen. Por lo anterior es necesario:

- Impulsar la diversificación de los cafetales con especies nativas, multiusos (maderables, comestibles, de construcción y medicinales, etc.).
- Promover prácticas de conservación del suelo y agua.
- Propiciar un manejo agroecológico de plagas y enfermedades.
- Fomentar redes de cooperación entre productores y organizaciones para compartir experiencias y conocimientos.
- Monitorear las condiciones climáticas para ajustar las prácticas agrícolas.

Finalmente, es importante mencionar que muchas de las prácticas que funcionan para la adaptación también tienen beneficios para la mitigación de las emisiones de gases de efecto invernadero, que contribuyen a enfrentar el cambio climático.



Referencias

- Adger, W. N., Huq, S., Brown K., Conway, D. y Hulme, M. (2003). Adaptation to climate change in the developing world. *Progress in Development Studies*, 3(3), 179-195.
- Altieri, M. y Toledo, V.M. (2011). La revolución agroecológica en Latinoamérica. Rescatar la naturaleza, asegurar la soberanía alimentaria y empoderar al campesino. SOCLA (Sociedad Científica Latinoamericana de Agroecología).
- AEACSV (Asociación Española Agricultura de Conservación. Suelos Vivos). (2018). La agricultura y el cambio climático. España: Autor.
- AECID (Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo). (2018). Cultivando resiliencia frente al cambio climático. Lecciones aprendidas para contribuir a la seguridad alimentaria y al derecho a la alimentación en América Latina y el Caribe. Cooperación Española Conocimiento/ Interconecta, FAO, PROSALUS.
- Aranda, J., González, B. y Reyes, T. (2017). Guía de buenas prácticas para la producción de café sustentable: Mejores prácticas para la producción de café en el estado de Oaxaca con enfoque a mitigación del cambio climático. México: USAID, TNC, RainForest Alliance, The Good Hole Research Center, Espacios Naturales, Desarrollo Sustentable.
- Arcila, J. (2007). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. En J. Arcila, F. Farfán, A. Moreno, L.F. Salazar y E. Hincapié. *Sistemas de producción de café en Colombia*. Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Cenicafé.
- Baca, M., Läderach, P., Hagggar, J., Schoroth Götz y Ovalle, O. (2014). An integrated framework for assessing vulnerability to climate change and developing adaptation strategies for coffee growing families in Mesoamerica. *Plos One*, 9(2) DOI: 10.1371/journal.pone.0088463
- Blanco, Y. y Leyva, Á. (2007). Los arvenses en el agroecosistema y sus beneficios agroecológicos como hospederas de enemigos naturales. *Cultivos Tropicales*, 28(2), 21-28.

- Barrera, J.F., Pérez, J.N., Pinson, E.P., Díaz, V.M. y Rivas, G.G. (2018). Plagas y enfermedades del café. Identificación, bioecología y manejo agroecológico. CENACAFE (Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café), México.
- Boyd, R. y Ibararán, M. E. (2011). El costo del cambio climático en México: análisis de equilibrio general de la vulnerabilidad intersectorial. *Gaceta de Economía*, 16, 115-133.
- Bunn, C., Läderach, P., Ovalle Rivera, O. et al. (2015). A bitter cup: climate change profile of global production of Arabica and Robusta coffee. *Climatic Change* 129, 89–101. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1306-x>
- Canet, G., Soto, C., Ocampo, P., Rivera, J. Navarro, A., Guatemala, G. y Villanueva, S. (2016). La situación y tendencias de la producción de café en América Latina y El Caribe. San José, Costa Rica: IICA.
- CLAC (Coordinadora Latinoamericana y del Caribe de Pequeños Productores de Comercio Justo). (2010). Importancia del pequeño productor y la agricultura sostenible para la conservación del ecosistema. Recuperado de: <http://clac-comerciojusto.org/wp-content/uploads/2015/04/2010-Importancia-del-pequeño-productor.pdf>
- Cenicafé (Centro Nacional de Investigaciones de Café). (2016). Manejo integrado de plagas. Recuperado de: https://www.cenicafe.org/es/index.php/cultivemos_cafe/manejo_integrado_del_cultivo
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) y CAC/SICA (Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericano). (2014). Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica. D. F., México: Autor.
- CityAdapt. (2019). Proyecto Construcción de resiliencia climática en sistemas urbanos mediante la adaptación basada en ecosistemas AbE, en América Latina y el Caribe. Primer informe del estudio vulnerabilidad ante el cambio climático en Xalapa y Tlalnelhuayocan, Veracruz. Recuperado de: <https://cityadapt.com/wp-content/uploads/2020/04/191027-Análisis-de-Vulnerabilidad-Xalapa.pdf>

- Conde, A.C. (2000). México y el cambio climático global. México: Universidad Nacional Autónoma. Centro de Ciencias de la Atmósfera.
- Davydova, V. (2012). Escenarios climáticos y procesos de adaptación. *Ciencia*, 70-75.
- Descamps, P. (2017). Técnicas para la producción sostenible de café frente al cambio climático. San José, Costa Rica: INTA (Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria).
- Dufera, E. (2017). Impacts of climate change on global coffee production industry: Review. *African Journal of Agricultural Research*, 12(9), 1607-1611.
- Escamilla, E. y Díaz, S. (2018). Las variedades de alta calidad: una alternativa para la cafeticultura mexicana. *La jornada del Campo*. 128. Recuperado de: <https://www.jornada.com.mx/2018/05/19/cam-variedades.html>
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2015). Directrices voluntarias en apoyo de la integración de la diversidad genética en la planificación Nacional. Roma: Autor.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (2013). Captación y almacenamiento de agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe. Santiago de Chile: Autor.
- Fischersworrying, B., Schmidt, G., Linne, Kerstin, Pringle, P., Baker, P., Lonsdale, K., Ochoa, M., Opitz, M., Walton, P., Ruíz, P., Grunze, S., Albrecht, S., Voigt, T. y Fischersworrying, V. (2016). La adaptación al cambio climático en la producción de café. Una guía paso a paso para apoyar a los productores de café en la adaptación al cambio climático. Guatemala: Hanns R. Neumann Stiftung Américas. Recuperado de: https://toolbox.coffeeand-climate.org/wp-content/uploads/cc-step-by-step-guide-for-climate-change-adaptation-in-coffee-production_SPANISH.pdf

- FUNDESYRAM (Fundación para el Desarrollo Socio Económico y Restauración Ambiental). (2010). Guía para la innovación de la cafecultura. De lo convencional a lo orgánico. San Salvador.
- Gay, C., Estrada, F., Conde, A.C. y Eakin, H. (2004). Impactos potenciales del cambio climático en la agricultura: escenarios de producción de café para el 2050 en Veracruz (México). En J. C. García, D. Liaño, P. Fernández de Arróyabe, C. Garmendia y D. Rasilla (Eds.), El clima entre el mar y la montaña (pp. 651-660). España: Asociación Española de Climatología, Universidad de Cantabria.
- Granados, R., Medina, M.P. y Peña, V. (2014). Variación y cambio climático en la vertiente del Golfo de México: Impactos en la cafecultura. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5(3), 473-485.
- Geissert, D., Barois, I., Mólgora, A., Mokondoko, P., Maas, K. y Manson, R. (2013). Manual para el manejo sustentable del suelo en cafetales de sombra.
- Henderson, T.P. (2019). La roya y el futuro del café en Chiapas. *Revista Mexicana de Sociología*, 81(2), 349-416.
- Holt-Giménez, E. (2008). Campesino a campesino: Voces de Latinoamérica Movimiento Campesino para la Agricultura Sustentable. Managua: SIMAS (Servicio de Información Mesoamericano sobre Agricultura Sostenible).
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura)/ SICTA (Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agropecuaria) /Cooperación Suiza en América Central. Proyecto Red SICTA. (2012). Obras de conservación de suelo y agua en laderas. C.A.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2017). Guía técnica: Obras de conservación de suelos. El Salvador.
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2018). Inventario Nacional de Emisiones de Gases y Compuestos de Efecto Invernadero. Recuperado de: <https://www.gob.mx/inecc/acciones-y-programas/inventario-nacional-de-emisiones-de-gases-y-compuestos-de-efecto-invernadero>

- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2019). México ante el cambio climático. Acción climática. Documento recuperado de: <http://cambioclimatico.gob.mx:8080/xmlui/handle/publicaciones/327>
- INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático) y UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia). (2019). El cambio climático y mis derechos. Manual para docentes. México.
- IPCC. (2013). Cambio climático 2013 Bases físicas. Resumen para responsables de políticas. Grupo de trabajo I. Contribución del Grupo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Ginebra, Suiza.
- IPCC. (2018): Anexo I: Glosario En: V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Portner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor y T. Waterfield (eds.). Calentamiento global de 1,5 °C, Informe especial del IPCC sobre los impactos del calentamiento global de 1,5 °C con respecto a los niveles preindustriales y las trayectorias correspondientes que deberían seguir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, en el contexto del reforzamiento de la respuesta mundial a la amenaza del cambio climático, el desarrollo sostenible y los esfuerzos por erradicar la pobreza.
- IPCC. (2021). Summary for Policymakers. En V. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekci, R. Yu and B. Zhou (eds.)). Cambridge University PressClimate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. In Press.
- Jawo, T. O., Kyereh, D., & Lojka, B. (2022). The impact of climate change on coffee production of small farmers and their adaptation strategies: a review. *Climate and Development*, 1-17. <https://doi.org/10.1080/17565529.2022.2057906>

- JICA (Agencia de Cooperación Internacional del Japón). (2015). Guía práctica para cosechar el agua de lluvia. Opciones técnicas para la agricultura familiar en la Sierra. Proyecto de Desarrollo Rural Integral Sostenible en la Provincia de Chimborazo (Proyecto Minka Sumak Kawsay). Ecuador.
- Läderach, P., Haggard, J., Lau, C., Eitzinger, A., Ovalle, O., Baca, M. Jarvis, A. y Lundy, M. (2011). Café mesoamericano: Desarrollo de una estrategia de adaptación al cambio climático. Políticas en Síntesis no. 2, Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).
- Lin, B.B. (2011). Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. *BioScience*, 6(3), 183-193.
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería) (2010). Guía técnica para la difusión de tecnologías de producción agropecuaria sostenible. San José, Costa Rica: MAG.
- Martínez, A. (Coord). (2013). Cambio climático. Agenda ciudadana de ciencia, tecnología e innovación. Academia Mexicana de Ciencias A.C., México, D. F.
- Manson R.H. (ed). (2018). Programa de café y cambio climático para cafetaleros de la cuenca del río Jamapa. INECOL.
- Manson, R.H., López, F., Sosa, V. y Ortega, A. (2018). Biodiversidad y otros servicios ambientales en cafetales. Manual de mejores prácticas. CONABIO (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad), México.
- Moguel, P. y Toledo, V.M. (2004). Conservar produciendo: Biodiversidad, café orgánico y jardines productivos. CONABIO. *Biodiversitas*, 55, 1-7.
- Nicholls, C.I., Henao, A. y Altieri, M. (2015). Agroecología y el diseño de sistemas agrícolas resilientes al cambio climático. *Agroecología*, 10(1): 7-31.
- Nicholls, C.I. y Altieri, M.A. (2019). Bases agroecológicas para la adaptación de la agricultura al cambio climático. *Cuadernos de Investigación UNED*, 11(1), s55-s61.

- Ovando, M.E., Martínez, M., López, R., Méndez, I. (2017). Establecimientos de plantaciones de café *Coffea Arábica* L. con genotipos tolerantes a roya anaranjada (*Hemileia vastatrix* Berk y Broome) en el estado de Oaxaca. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental Valles Centrales de Oaxaca. Folleto técnico Núm. 51. México.
- Pham, Y., Reardon-Smith, K., Mushtaq, S. y Cockfield, G. (2019). The impact of climate change and variability on coffee production: a systematic review. *Climatic Change* 156, 609–630. <https://doi.org/10.1007/s10584-019-02538-y>
- Philpott, S.M., Lin, B.B., Jha, S. y Brines S.J. (2008). A multi-scale assessment of hurricane impacts on agricultural landscapes based on land use and topographic features. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 128, 12–20.
- Pineda, E., Moreno, C., Escobar, F. y Halffter, G. 2005. Frog, bat, and dung beetle diversity in the cloud forest and coffee agroecosystems of Veracruz, Mexico. *Conservation Biology* 17(2):400-410. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2005.00531.x>
- Rapidel, B. (2008). Bienes y servicios ambientales de la caficultura. 19 Congreso Nacional del café. Ciudad de Guatemala, Guatemala.
- Rivera, M.R., Nikolskii, I., Castillo, M., Ordáz, V. M., Díaz, G. y Guajardo, R. A. (2013). Vulnerabilidad de la producción de café (*Coffea arabica* L.) al cambio climático global. *Terra Latinoamericana*, 31, 305-313.
- Robledo, J.D. y Escamilla, E. (2016). Buenas prácticas para la cosecha de café. CENACAFE (Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café), México.
- SCAN-Guatemala (Sustainable Commodity Assistance Network-Guatemala). (2015). La regulación de la sombra. Una alternativa para hacer el cafetal sostenible.
- Schroth, G., Läderach, P., Dempewolf, J., Philpott, S., Hagggar, J., Eakin, H., Castillejos, T., ...y Ramírez-Villegas, J. (2009). Towards a climate change adaptation strategy for coffee communities and ecosystems in the Sierra Madre de Chiapas, México. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, 14:605-625. DOI 10.1007/s11027-009-9186-5

- SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación). (2008). Apéndice de manejo integrado de la broca del café en México (Manual técnico-operativo de la campaña contra la broca del café). Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria), Dirección de Protección Fitosanitaria.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)-INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2011). Guía metodológica para la estimación de emisiones de PM2.5. México: Autor.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales)-INECC (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático). (2012). Adaptación al cambio climático en México: visión, elementos y criterios para toma de decisiones. México, D. F.: Autor.
- Sosa-Fernández, V., López-Morgado, R. Toledo-Aceves, T., Bárcenas-Pazos, G. (2017). Oportunidades de conservación del bosque de niebla a través del manejo alternativo: Los agroecosistemas cafetaleros. *Agro Productividad*, 10(1), 62-67.
- UE (Unión Europea) y IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura). (2015). Sistematización de buenas prácticas de adaptación del sector agropecuario ante el cambio climático. San José, Costa Rica: IICA.
- USAID (Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Anacafé (Asociación Nacional del Café de Guatemala), Proyecto Clima, Naturaleza y Comunidades den Guatemala. (2016). Reduciendo la vulnerabilidad al cambio climático del sector cafetalero en Guatemala: Manual técnico para el fortalecimiento del sector de café en Guatemala frente al cambio climático.
- Viguera, B., Martínez, M. R., Donatti, C. I., Harvey, C. A. y Alpízar, F. (2017a). El clima, el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones contra el cambio climático: Conceptos básicos. Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA. Costa Rica: CI (Conservación Internacional), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza).

- Viguera, B., Martínez, M. R., Donatti, C. I., Harvey, C. A. y Alpizar, F. (2017b). Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategia de mitigación y adaptación: Materiales de fortalecimiento de capacidades técnicas del proyecto CASCADA. Costa Rica: CI (Conservación Internacional), CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza).
- Zamarripa, A. y Escamilla, E. (2016). Variedades de café en México. CENACAFE (Centro Nacional de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico del Café), México.
- Williams-Linera, G., Manson, R. H. y Isunza-Vera, E.. (2002). La fragmentación del bosque mesófilo de montaña y patrones de uso del suelo en la región oeste de Xalapa, Veracruz, México. *Madera y Bosques*, 8: 73-89.
- Williams Linera, G. (2007). El bosque de niebla del centro de Veracruz: ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. Instituto de Ecología, A.C., CONABIO. Xalapa, Veracruz. 208 pags.

Adaptación al cambio climático en el cultivo de café: Buenas prácticas agrícolas se terminó de imprimir en agosto de 2022.

El tiraje consta de 250 ejemplares.



FGM
Fondo
Golfo de
México

City  Adapt

RECONECTANDO CIUDADES CON LA NATURALEZA

LATINOAMÉRICA Y EL CARIBE

