



Benito Ramírez Valverde. Ingeniero Agrónomo Fitotecnista (1983), Universidad Autónoma Chapingo, México. Maestría en Ciencias en Estadística (1984),

Colegio de Postgraduados. Maestría (1995) y Ph. D. en Estudios Latinoamericanos (1999), Tulane University, Nueva Orleans, Estados Unidos. Profesor Investigador Titular y ex director del Colegio de Postgraduados Campus Puebla (2003-2009). Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores.



Javier Ramírez Juárez. Ingeniero Agrónomo (1990), Universidad Autónoma Chapingo, México. Maestría (1994) y doctorado por Colegio de Postgraduados

(1999). Profesor Investigador Titular y actual director del Colegio de Postgraduados Campus Puebla. Perteneció al Sistema Nacional de Investigadores.



José Pablo Prado Córdova. PhD en Ecología de la Conservación por la Universidad de Copenhague. MSc en Sostenibilidad Medioambiental por la

Universidad de Edimburgo y licenciado en Ingeniería Agronómica en Recursos Naturales Renovables por la Universidad de San Carlos de Guatemala. Actual director de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Agronomía y profesor titular VI de la Subárea de Ciencias Sociales y Desarrollo Rural de la misma universidad



Silvel Elías. Profesor de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde también dirige el Programa de Investigación sobre Estudios

Rurales y Territoriales (PERT) y el Postgrado en Desarrollo Local Centroamérica.



Benito Ramírez Valverde
Javier Ramírez Juárez
José Pablo Prado Córdova
Silvel Elías Gramajo
(Coordinadores)

Impacto de los siniestros en el Medio Rural en México y Centroamérica



ALTRES COSTA-AMIC EDITORES
COLEGIO DE POSTGRADUADOS, CAMPUS PUEBLA
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

Revisión y corrección académica: Dr. Benito Ramírez Valverde.

Revisión editorial y diseño editorial, diseño de portada: Bartomeu Costa-Amic Leonardo

Fotografía de portada:

Corrección de estilo: Myrna Ojeda Álvarez

Maquetación: Isaías Velázquez García

Comité Editorial: Dr. Benito Ramírez Valverde; Dr. Javier Ramírez Juárez, Dr. José Pablo Prado y Dr. Silvel Elías Gramajo.

Comentarios sobre la edición y contenido del libro a:

bramirez@colpos.mx

contacto.costaamic@gmail.com

Se autoriza el uso de la información contenida en este libro para fines de enseñanza, investigación y difusión del conocimiento, siempre y cuando se haga referencia a la publicación y se den los créditos correspondientes a cada autor consultado.

Las ideas, datos y opiniones expresadas en cada uno de los capítulos, son responsabilidad exclusiva de cada autor.

©2019, Derechos Reservados

Altres Costa-Amic Editores, S.A. de C.V.

Carretera a Coronango 207, Casa 3, Fracc. San Diego los Sauces

Tel: 2222 003 349; 5538 382 383. contacto.costaamic@gmail.com

San Pedro Cholula, Puebla 72768

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial. Reg. 3869

en colaboración con

Colegio de Postgraduados, Campus Puebla

Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla,

Tels. (222) 285-00-13; 285-14-42: 45 y 47

Puebla, Puebla 72420, México

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía, Ciudad Universitaria, Zona 12, Guatemala

1a. edición, enero 2019

ISBN: 978-607-8518-27-2

Impreso en México.

Índice

Autores.	7
Presentación.	11

I. Población Rural y Siniestros

1. Sujetos tecnológicamente adaptados: la nueva era del desarrollo rural en un contexto de cambio climático en el Corredor Seco de Nicaragua. *Noémi Gonda.* 27
2. Enfrentar los desastres desde el capital social y la acción colectiva: Experiencias de mujeres y comunidades indígenas xincas en la agricultura familiar campesina de Guatemala. *Silvel Elías Gramajo.* 52
3. Impacto de los siniestros en los municipios más pobres del Estado de Hidalgo. *María de la Encarnación Cano Basave, Benito Ramírez-Valverde, José Pablo Nuño de la Parra, Judith Cavazos Arroyo.* 73
4. La migración, ¿una forma de sobrevivencia de los campesinos ante un desastre? *Monica Ramirez Huerta; José Pedro Juárez Sánchez; Benito Ramírez Valverde.* 93

II. Siniestros y Agricultura

5. Identificación de factores climáticos involucrados en el rendimiento del maíz: para 2001-2012, región de Serdán, Puebla. *María de los Ángeles Velasco Hernández, Tomas Morales Acoltzi, Néstor Gabriel Estrella Chulim, José Pedro Juárez Sánchez, Ramón Díaz, Maricela Hernández Vázquez, Rogelio Bernal Morales.* 121

6. Vulnerabilidad de la ganadería lechera en la Ciénega de Michoacán, México. <i>Alfredo Cesín Vargas, Adriana Patricia Bastidas Correa y Benito Ramírez Valverde.</i>	145
III. Siniestros	
7. Percepción de la importancia y atención de los siniestros en Tabasco. <i>Antonio Macías López, Andrés Pérez Magaña, José Sergio Escobedo Garrido, Jorge Rebollo Meza e Idmara de la Candelaria Crespo Arévalo.</i>	168
8. Impacto del huracán Bárbara en el sistema productivo turístico de Chiapas. Redes sociales en la Costa Chica. <i>Jesús Esperanza López-Cortez, José-Alberto Zarazúa, Tlillalcapatl Gómez-Carreto y María Eugenia Estrada-Álvarez.</i>	198
IV. Siniestros, Contaminación y Recursos Naturales	
9. Contaminación de suelos agrícolas por derrames de hidrocarburos en Acatzingo, Puebla. <i>Beatriz Pérez Armendáriz y Judith Cavazos Arroyo.</i>	227
10. Incidencia del carbono orgánico del suelo en el deterioro de los suelos del Departamento de Chimaltenango. Guatemala. <i>Elena Victoria Morataya García, Anibal Sacbajá, C. Saput y Hugo Tobías.</i>	248
11. Potenciales impactos del cambio climático en los ecosistemas y sistemas agropecuarios de Guatemala. <i>Gerónimo Pérez Irungaray, Juan Carlos Rosito, Raúl Maas Ibarra, Alejandro Gándara Cabrera y Juventino Gálvez Ruano.</i>	263
Índice de cuadros, figuras, gráficas y mapas.	305

Presentación

Riesgos y siniestros: interpretaciones e impactos socioespaciales en Mesoamérica

Ramírez Juárez, Javier¹

Los trabajos que se presentan en este libro contribuyen al conocimiento del impacto de los siniestros en Mesoamérica, los cuales son cada vez más constantes y ponen en riesgo la vida de las personas, de sus patrimonios y de sus medios de vida. Los siniestros afectan severamente las condiciones de vida las poblaciones, pero particularmente de la población que se encuentran con mayor vulnerabilidad económica, social, política y ambiental; población que habita, generalmente, espacios donde la presencia de bienes y servicios son reducidos o nulos, o aún más en zonas de alto riesgo. Es por ello que los países más afectados y con más riesgo por el cambio climático son aquellos con menor desarrollo social y económico, países con altos niveles de vulnerabilidad sistémica. Estos procesos están presentes en Mesoamérica y representan un serio desafío a la seguridad y supervivencia de las personas.

De acuerdo con el Banco Mundial (2015), el cambio climático ocasiona que muchas personas no puedan salir de la pobreza extrema, y calcula que si no se realizan esfuerzos para un desarrollo incluyente y sustentable, es posible que para 2030 haya otros cien millones de personas en pobreza extrema. Por su parte, la CEPAL (2015) estima que los costos económicos del cambio climático en América Latina y el Caribe para el año 2050 se sitúen entre el 1.5% y el 5% del PIB regional.

¹ Colegio de Postgraduados Campus Puebla, «rjavier@colpos.mx».

Si bien, como se cita en uno de los trabajos, los escenarios de riesgo son situaciones que pueden reducirse si se mejoran las condiciones de vida de las personas y sus comunidades, pero el reto es mayúsculo. Lo anterior implica transformar las relaciones sociales y políticas en las que se encuentran atrapadas las personas con mayor vulnerabilidad, relaciones que ocasionan exclusión y pobreza; así como emprender acciones y acuerdos en el ámbito local, regional, nacional y global de prevención. Considerando que el riesgo es una de las condiciones del mundo contemporáneo, la sociedad debe organizarse y funcionar en un marco permanente de incertidumbre.

Los riesgos en el mundo moderno provienen de diferentes fuentes, uno de ellos desde la perspectiva de Beck (1998), es aquel que proviene de la acción humana, en particular, por los efectos perversos de las acciones del crecimiento industrial y la ciencia y tecnología. Paradójico, que la acción humana, en la búsqueda del progreso genere incertidumbre y riesgos que pueden ser inmanejables para la existencia humana. El caso emblemático es el cambio climático, resultado antrópico sobre el medio ambiente.

Beck llama «sociedad del riesgo» a los efectos nocivos o secundarios del crecimiento económico y de la ciencia y la tecnología en la sociedad. La confianza en la razón y la ciencia en explicar y controlar la naturaleza, perspectiva inaugurada con la modernidad, generó la expectativa de dominio sobre el presente y el futuro, bajo un ideal de progreso. Esta modernidad clásica, simple y temprana es cuestionada por Beck al considerar que ésta se ha trastocado por una nueva modernidad que denomina reflexiva y tardía.

El riesgo como concepto sociológico adquiere un sentido reflexivo y crítico sobre la relación de la sociedad con la ciencia y la tecnología, y la organización tecno-económica. En palabras de Beck (1998: 203):

si antes existían peligros generados externamente (dioses, naturaleza), el nuevo carácter —desde el punto de vista histórico— de los actuales riesgos radica en su simultánea construcción científica y social, y además en un triple sentido: la ciencia se ha convertido en (con) causa, instrumento de definición y fuente de solución de riesgos de modo que así se abren nuevos mercados para la cientificación. El desarrollo científico-técnico se hace contradictorio por

el intercambio de riesgos, por él mismo coproducidos y codefinidos, y su crítica pública y social.

Uno de los aspectos derivados de la discusión sobre el riesgo es la factibilidad o posibilidad de gestionarlo, es decir que la sociedad pueda afrontarlo en las mejores condiciones de seguridad para la población, que disminuyan su potencial daño. Al respecto, Luhmann (2006) plantea una perspectiva diferente del riesgo a la señalada por Beck, que permite considerar cierta perspectiva de gestión de éstos.

Desde la perspectiva analítica de Luhmann, para una conceptualización de riesgo considera la distinción entre riesgo y peligro.

Esta distinción supone (y así se diferencia precisamente de otras distinciones) que hay una incertidumbre con relación a daños futuros. Se presentan entonces dos posibilidades. Puede considerarse que el posible daño es una consecuencia de la decisión, y entonces hablamos de riesgo y, más precisamente, del riesgo de la decisión. O bien se juzga que el posible daño es provocado externamente, es decir, se le atribuye al entorno; y en este caso, hablamos de peligro (Luhmann, 2006: 67).

La anterior distinción nos acerca a reflexionar sobre seguridad al anticipar la ocurrencia de un posible daño, que desde la contingencia es un daño evitable. La distinción entre riesgo y peligro permite, además, valorar cómo un hecho o acontecimiento representa un riesgo o un peligro para las personas de acuerdo a su posición de observador frente a los eventos. En este marco, la prevención es una forma de afrontar los riesgos, de aminorar la probabilidad de ocurrencia y la reducción de los daños.

El riesgo y la prevención son componentes de un mismo proceso de transformación de las sociedades contemporáneas, donde la ciencia y la tecnología si bien se ha convertido en causa de riesgos también pueden contribuir a su solución y a una mayor conciencia sobre éstos. Empero, el riesgo y eventuales acciones para su mitigación y adaptación son complejas, al estar en medio de intereses económicos, de las relaciones políticas y de poder, del papel de la ciencia y tecnología, de las modalidades de desarrollo tecnológico y de la globalización.

Bajo las anteriores consideraciones, las contribuciones de la presente obra abordan y construyen sus objetos de estudio enfatizando impactos, relaciones y procesos causados por siniestros, cuya matriz se encuentra, en la narrativa de algunos trabajos, en el cambio climático, así mismo se abordan las acciones de mitigación y proyecciones sobre las consecuencias del cambio climático. En los trabajos a partir de los resultados se elaboran propuestas, que constituyen un aporte a los desafíos del mundo contemporáneo y la posibilidad de gestionar el riesgo, a partir del conocimiento generado por las investigaciones.

El trabajo “Sujetos tecnológicamente adaptados: la nueva era del desarrollo rural en un contexto de cambio climático en el Corredor Seco de Nicaragua”, muestra y evidencia cómo los discursos sobre cambio climático y las acciones de adaptación al cambio climático tienen el potencial de reforzar discursivamente las desigualdades actuales a través de la legitimización de ciertos tipos de conocimientos, el reforzamiento de ciertos liderazgos en la sociedad local, así como la creación discursiva de sujetos para las intervenciones de cambio climático.

El trabajo analiza a través del caso de una comunidad rural del Corredor Seco de Nicaragua, región prioritaria para las acciones de adaptación al cambio climático, la manera en la cual se aborda el cambio climático en las políticas y proyectos de adaptación. El trabajo demuestra la imposición de un discurso y relaciones sobre los habitantes de la comunidad rural. Así, por ejemplo, se identifica al cambio climático con las y los beneficiarios del proyecto. A las mujeres se les da una visibilidad excepcional en el discurso del cambio climático en el cual aparecen como sus primeras víctimas.

La autora concluye señalando que la ecología política, puede ser particularmente pertinente para comprender los obstáculos discursivos a un enfoque de justicia en la adaptación al cambio climático. Y, cómo los discursos sobre cambio climático tienen el potencial de «delimitar» el mundo y de legitimar ciertas percepciones. Considera necesario y urgente identificar contranarrativas al discurso científico y tecnológico dominante y promover un enfoque de abajo hacia arriba que preste atención a las experiencias y a las subje-

tividades de las personas con el fin de que las intervenciones de cambio climático no sean al origen de aún más injusticias ambientales y violaciones de los derechos humanos.

La contribución “Enfrentar los desastres desde el capital social y la acción colectiva: Experiencias de mujeres y comunidades indígenas xincas en la agricultura familiar campesina de Guatemala”, analiza la respuesta de las mujeres a los siniestros ocurridos en el país en los últimos años, tales como el huracán Mitch en 1998, la tormenta tropical Stan en 2005 y la tormenta Agatha en 2010, así como las sequías recurrentes que han afectado principalmente el llamado Corredor Seco.

Las consecuencias de los siniestros mencionados han sido devastadores para la población, al perder sus bienes, sus fuentes de ocupación e ingreso y daños emocionales. Ante estos eventos, las comunidades indígenas y campesinas han movilizado su capital social con la finalidad de enfrentar de mejor manera los retos que implica la emergencia y la reconstrucción. Este capital social se refleja en la capacidad para activar los mecanismos de cooperación, confianza y solidaridad. El proceso se ha traducido en un conjunto de propuestas para mantener y, eventualmente, mejorar sus condiciones y modo de vida.

El repertorio de propuestas se dirige en una primer línea de acciones a la seguridad de la población de estas comunidades, como son:

- a)* Dragar ríos que amenazan con inundar las comunidades;
- b)* Reconstrucción de viviendas destruidas;
- c)* Reparación e introducción de agua potable y letrinas; y
- d)* Tener información y albergues disponibles.

Sin embargo, la propuesta central de las comunidades es trastocar las relaciones de poder, que se expresa en una petición específica “Pedir apoyo para que los cañeros no sigan destruyendo y desalojando a las comunidades”, pues significa limitar el acceso a los recursos como leña y tierra para la producción de alimentos. Es decir que son las relaciones sociales y de poder las que ponen en riesgo la supervivencia y estabilidad de las comunidades, condición agravada por los desastres ambientales. La demanda cuestiona la capacidad institucional para atenderla y la modalidad de desarrollo

territorial, dominado y dirigido por un sector expoliador y excluyente de las comunidades indígenas y campesinas.

La respuesta y la acción de las mujeres están dirigidas a la supervivencia, esbozando tímidamente —en la narrativa del texto— un cuestionamiento a las relaciones sociales y de poder a las que están sujetas, cuestionado las modalidades del desarrollo que se ha impuesto a los pueblos mesoamericanos.

La contribución “Potenciales impactos del cambio climático en los ecosistemas y sistema agropecuarios de Guatemala”, resume los hallazgos de la investigación relacionada con la modelación de los impactos del cambio climático en los ecosistemas y en los sistemas agropecuarios del país, para ello se construyó un escenario base utilizando la metodología de Holdridge para los años 2020 y 2050.

Los autores exponen, acorde a los resultados de la investigación, que para el año 2050 cambiarán las condiciones climáticas en más del 50% del país. Para el 2080, los cambios habrán afectado a más del 90% de Guatemala. Las modificaciones en las condiciones ambientales aunadas a la actual degradación, agotamiento y contaminación del entorno natural, preludian una progresiva simplificación de los ecosistemas y con ello, una acelerada erosión genética. Guatemala en la actualidad se considera un país excedentario en agua, pero pasará a ser un país con marcados déficit hídricos en más del 65% de la extensión territorial, al modificarse la relación entre la evapotranspiración potencial sobre la precipitación. En consecuencia, los efectos del cambio climático van a incidir no sólo sobre los ecosistemas naturales, sino también en los sistemas productivos y especialmente en el abastecimiento hídrico de los grupos sociales.

A partir del diagnóstico los autores elaboran un conjunto de recomendaciones sobre la prevención y adaptación local al cambio climático. Enfatizan que en materia de adaptación se debe realizar una profunda y necesaria reforma del Estado guatemalteco, para dotarlo de un sistema institucional funcional y competente, no sólo en su capacidad de orientar y organizar las acciones nacionales para modificar y detener las trayectorias actuales de agotamiento, deterioro y contaminación de los ecosistemas, sino también para conceptualizar, diseñar y poner en marcha estrategias de adaptación a los eventos inducidos por el cambio climático. Consideran

que la adaptación a las nuevas condiciones ambientales demanda un abordaje territorialmente diferenciado.

El trabajo es una muestra del papel que puede jugar la investigación y el conocimiento en las consecuencias e impactos devastadores del cambio climático para la población guatemalteca, así como de un conjunto de propuestas pertinentes. La viabilidad de la propuesta pasa ineludiblemente por la respuesta del Estado y sociedad guatemaltecos. La eventual instrumentación implicaría un cambio profundo en las modalidades de desarrollo económico y social que ha seguido el país, cuyo preámbulo sobre su condición se encuentra justamente en el trabajo anterior, dominado por sectores cuyo interés es la apropiación de los recursos y la tierra sobre la vida de la población indígena y campesina. Los riesgos derivados del cambio climático están poniendo a prueba la capacidad de la sociedad para replantear la modalidad de desarrollo en todas sus dimensiones.

El trabajo “La migración, ¿una forma de sobrevivencia de los campesinos ante un desastre?”, tiene como objetivo conocer el impacto de las heladas en el cultivo de maíz de temporal y su relación con la migración de los campesinos de Tlachichuca, Puebla, durante el año 2011.

El estudio muestra que la helada de 2011 ocasionó la disminución significativa de la producción de maíz, con un rendimiento promedio de 255 kg/ha, ante lo cual los campesinos emprendieron una estrategia de diversificación de actividades económicas, una resultó ser la migración hacia otro municipio, especialmente el de Puebla, comenzando a ser relevante como una estrategia de sobrevivencia por parte de los campesinos jóvenes.

La contribución de la y los autores muestra la vulnerabilidad social y económica de los campesinos, en medio de una crisis de reproducción social por una economía agraria cerealera de baja productividad y rentabilidad, que es exacerbada por los siniestros. Asimismo, el sistema productivo campesino ha perdido la posibilidad de aseguramiento, por la reforma de las instituciones de fomento productivo de principios de la década de 1990, como un mecanismo clásico para enfrentar los riesgos climáticos en las áreas de temporal. Los campesinos que cultivan maíz en las áreas

de temporal se enfrentan a la incertidumbre de sus cosechas, su permanencia está vinculada a su sobrevivencia, empero la persistencia de baja rentabilidad del cultivo/siniestros puede ocasionar la profundización de la desagrarización y el abandono de la producción agrícola.

El capítulo “Identificación de factores climáticos involucrados en el rendimiento del maíz: región de Serdán, Puebla 2001-2012”, muestra la relación diferenciada entre la energía extra en el ambiente y el rendimiento del cultivo del maíz.

En ámbito regional las y los autores identificaron que 2010 fue el mejor año en cuanto a producción y rendimiento del maíz. Este impacto diferenciado tiene que ver con las características de la región, principalmente, al gradiente descendente de altura con respecto al nivel del mar, es decir, hay una compensación entre el efecto de altura y calentamiento. El conocimiento de las relaciones anteriores es fundamental para indagar los problemas que presenta la producción de maíz en el campo.

La contribución “Impacto de los siniestros en los municipios más pobres del estado de Hidalgo, México”, identifica a partir de la encuesta aplicada a ciento noventa y siete habitantes de los municipios de Xochiatipan, Yahualica y Huehuetla, considerados los municipios más pobres del estado de Hidalgo, que el 9.6% de los entrevistados han padecido algún siniestro, sin embargo sólo el 1% ha recibido apoyo. El impacto sobre la producción y condiciones de vida no son analizados, lo cual limita los alcances del estudio.

No existe duda que los siniestros afectan las cosechas y las condiciones de vida de la población social y económicamente vulnerable, exacerbando las condiciones de pobreza. La prescripción de acciones que plantean las y los autores para la gestión del riesgo constituye un desafío para las comunidades rurales y la formulación de políticas públicas y proponen “proyectos productivos e innovación tecnológica que impulsen la actividad agropecuaria mediante la tecnificación de los productores y sobre todo garantizándoles un recurso que cada vez parece más escaso como lo es el agua”. Si se considera que la matriz de los siniestros, en la narrativa del trabajo, es el cambio climático lo más prudente sería iniciar estudios

sobre mitigación y adaptación que sustenten, con la participación de los actores sociales, las propuestas de intervención.

El trabajo “Impacto del huracán Bárbara en el sistema productivo turístico de Chiapas. Redes sociales en la Costa Chica”, identifica la respuesta de los actores empresariales (hoteleros y restaurantes) del sector turismo ante el embate del huracán Bárbara.

El trabajo identifica la importancia de las redes sociales en escenarios adversos. La estrategia metodológica se sustentó en el análisis de redes con el fin de identificar, describir y analizar las relaciones entre individuos/organizaciones e instituciones gubernamentales que tienen la misión de apoyar en tiempos de contingencia. Los resultados dan evidencias que estas relaciones entre individuos/organizaciones están regidas por la confianza.

El capítulo “Incidencia del carbono orgánico del suelo en el deterioro de los suelos del departamento de Chimaltenango, Guatemala”, tiene como propósito conocer la variabilidad del carbono orgánico en función de agentes biofísicos de la región para evaluar la fertilidad del suelo, cuantificar el carbono orgánico y realizar un inventario de la reserva existente en los suelos de Chimaltenango.

El carbono orgánico del suelo afecta las propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo y con ello su capacidad productiva. Contribuye al aumento de microorganismos y buen desarrollo de raíces superficiales, así mismo la materia orgánica cumple una función de suma importancia al ser un medio de captura de carbono procedente de la atmósfera. La captura de carbono disminuye las tasas de acumulación CO_2 , principal componente de los gases de efecto invernadero (GEI) vinculados al cambio climático. Los resultados indican que el inventario de carbono orgánico para el departamento de Chimaltenango a una profundidad de 100 cm es de 27 116.65 tm.

El estudio, al identificar las reservas de carbono orgánico, que se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, puede ser la base para recomendaciones y prácticas agronómicas sustentables de los suelos.

El trabajo “Contaminación de suelos agrícolas por derrames de hidrocarburos en Acatzingo, Puebla”, tiene como objetivo realizar el diagnóstico socio-ambiental de la región de Acatzingo, Puebla,

y desarrollar una tecnología sustentable e innovadora que permitiera a los agricultores la recuperación de suelos contaminados por hidrocarburos.

El objetivo de la contribución se inscribe en la problemática de derrame de hidrocarburos, de la empresa estatal Petróleos Mexicanos (PEMEX), en suelos agrícolas que afectan la producción agrícola y la economía de los productores en Acatzingo. Los derrames del petróleo son ocasionados por múltiples causas, entre las que se encuentran la falta de mantenimiento en las instalaciones de los ductos, el robo de combustible y el transporte vehicular. PEMEX tiene mecanismos de indemnización a los ejidatarios cuando a éstos se les ven afectadas sus tierras, pero como se señala en el trabajo el esfuerzo aún es insuficiente.

El derrame de hidrocarburos es un riesgo generado por la actividad económica, por el patrón de desarrollo económico seguido por el país, como una característica intrínseca en la creación de infraestructura que trae consigo la posibilidad de daños a la población. En esa dirección, las medidas de seguridad es una prioridad ante la inevitabilidad del riesgo. El enfrentar los riesgos, como el derrame de hidrocarburos u otras catástrofes, implicaría formas de prevención por la sociedad y la creación de instituciones adecuadas, en las que la ciencia y la tecnología pueden aportar a la solución de los problemas, como es el caso de la aportación de las autoras del trabajo, al identificar que los sustratos agrícolas pueden ser aprovechados en la restauración de suelos contaminados con hidrocarburos, empleando bagazo residual de *Pleurotus ostreatus*, con capacidad para degradar diésel.

El capítulo “Percepción y atención de los siniestros en Tabasco”, describe la percepción de la importancia de los desastres en Tabasco y el nivel de atención que éstos reciben en función de las características socioeconómicas del universo estudiado. El referente empírico de la investigación fue la población que en 2011 tenía como lugar de residencia el estado de Tabasco, afectada en forma por inundaciones, considerando una representación por género, nivel educativo, productivo, social y representantes municipales

Tabasco padece recurrentemente de inundaciones, la más reciente fue en 2007, obligando a la evacuación de cientos de miles

de habitantes de la ciudad de Villahermosa y de una gran parte de los municipios del estado. El 80% del municipio de Centro y 70% del estado fueron inundados, aislando comunidades y obligando a sus pobladores a trasladarse a refugios o enfrentar el fenómeno desde los techos de sus casas. La población se encontró en un ambiente de vulnerabilidad y riesgo.

El trabajo a través de la encuesta recoge la opinión de la población sobre los eventos que les afectan, los cuales son expuestos. Empero al adolecer de una elaboración conceptual o teórica y de elementos empíricos sobre el significado de los siniestros para la población afectada, limita acercarnos al análisis de la percepción de personas afectadas por estos eventos.

En conjunto, las contribuciones reunidas en este libro resumen el esfuerzo multi-disciplinario de un amplio grupo de investigadores e instituciones, con el cual esperamos anime y enriquezca la discusión sobre los desastres, sus consecuencias y eventuales acciones de mitigación en Mesoamérica.

Bibliografía

- Banco Mundial (2016). *Shock Waves: Managing the Impacts of Climate Change on Poverty*. Washington, DC: Climate Change and Development Series.
- Beck, Ulrich (1998). *La sociedad del riesgo. Hacia una nueva modernidad*. Barcelona: Paidós.
- CEPAL (2015). *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe. Paradojas y desafíos del desarrollo sostenible*. Santiago de Chile: Naciones Unidas.
- Luhmann, Niklas (2006). *Sociología del riesgo*. México: ITESO, Universidad Iberoamericana.

11. Potenciales impactos del cambio climático en los ecosistemas y sistemas agropecuarios de Guatemala

Pérez Irungaray, Gerónimo¹
Rosito, Juan Carlos²
Maas Ibarra, Raúl³
Gándara Cabrera, Alejandro⁴
Gálvez Ruano, Juventino⁵

Presentación

El clima es una condición ambiental generada a partir de las relaciones que se establecen entre variables atmosféricas como la temperatura, la lluvia, la humedad relativa y el viento, y su interacción con las características del lugar, como la altitud sobre el nivel del mar, las formas de la tierra, los tipos de vegetación y la cercanía a grandes cuerpos de agua como lagos y océanos, entre otras (IARNA-URL, 2009).

Una de las características propias del clima es su variabilidad, es decir, la modificación de sus valores a lo largo del tiempo en un área determinada. De allí que el cambio climático se defina como la variación del clima que puede atribuirse, en forma directa o in-

¹ IARNA de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

² IARNA de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

³ IARNA de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

⁴ IARNA de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

⁵ IARNA de la Universidad Rafael Landívar de Guatemala.

directa, a las actividades humanas que modifican la composición de gases presentes en la atmósfera, y que se viene a sumar a los cambios naturales que el clima presenta de manera permanente (IPCC, 2007).

Los estudios desarrollados por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) proyectan que el clima va a seguir cambiando tanto a nivel local como a nivel del planeta. De esa cuenta, ahora se sabe que la temperatura media de la Tierra se ha incrementado en casi 5 °C en los últimos diez mil años, en un lento proceso de recalentamiento del planeta luego de la última era glacial. Esa variación de 5 °C ha sido suficiente para que el nivel del mar se haya incrementado en 120 m, que los bosques y los animales fueran desplazados de sus ecosistemas naturales, que se volvieran cultivables muchas tierras que antes no lo eran y viceversa (Jancovici, 2010).

A la fecha, las estimaciones realizadas a nivel mundial por el IPCC indican que la temperatura promedio del planeta aumentó al menos en 0.74 °C en el periodo comprendido entre 1906 y el año 2005. El nivel del mar se ha incrementado a un ritmo de 1.8 mm/año entre los años 1963 y 2007. La cobertura de los glaciares y nieves de montaña disminuye a un promedio anual de 2.7%. Hay un incremento de la actividad ciclónica en el Atlántico norte y en el mar Caribe, así como un incremento en la concentración del CO₂ atmosférico derivado del proceso de acidificación de los océanos (IPCC, 2007). De hecho, las precipitaciones han aumentado de manera notable en algunas regiones de Sudamérica y del hemisferio norte. En otros sitios del planeta, las lluvias han disminuido significativamente, como en la cuenca del mar Mediterráneo y algunas regiones de África y Asia (Arnell, 1999; Huntington, 2006).

A nivel global, se prevé que los países más afectados por el cambio climático sean aquellos con menos desarrollo social y económico, en el sentido de que prevalece un esquema económico poco o nada inclusivo, con debilidad institucional y componentes del ambiente natural deteriorados; es decir, países con altos niveles de vulnerabilidad sistémica.

El ejercicio de construcción de escenarios ambientales para Guatemala, realizado en el marco del Informe Ambiental del Estado

(MARN-URL/IARNA-PNUMA, 2009: 245), reveló que “la capacidad de adaptación de la sociedad guatemalteca a la variabilidad climática derivada del calentamiento global” es la variable que tendrá mayor impacto, en el futuro cercano, en todas las variables ligadas al desarrollo.

Así, resulta útil precisar las implicaciones del cambio climático en el territorio guatemalteco y partir de ahí para hacer las previsiones sobre las inversiones que el país debe realizar para superar estas nuevas condiciones ambientales. En este sentido, el presente ensayo resume los hallazgos de la investigación relacionada con la modelación de los impactos del cambio climático en los ecosistemas y en los sistemas agropecuarios del país. Para ello, se ha construido un escenario base utilizando la metodología de Holdridge (2000); a partir de éste, se han analizado los posibles escenarios para los años 2020 y 2050. Se parte de la idea de que la situación de los ecosistemas impactará directamente sobre las relaciones y dinámicas socioculturales en los diferentes territorios del país. El estudio se realizó entre el segundo semestre de 2009 y el segundo semestre de 2014.

Se aspira a que estos hallazgos puedan retroalimentar el ciclo de políticas públicas y las actuaciones privadas para mejorar los niveles de gestión de los ecosistemas, mismos que son fundamentales para reducir el riesgo de ocurrencia de todo tipo de desastres en una sociedad, como ya se ha indicado, altamente vulnerable.

11.1 Fundamentos del análisis

11.1.1 Dinámicas del cambio climático en Guatemala: la utilidad del enfoque de zonas de vida

Guatemala destaca, a nivel regional, tanto por su singularidad natural como por su significativa vulnerabilidad ambiental y social ante el cambio climático (ONU, 2009), razón por la cual resulta crucial mejorar la información acerca de los potenciales impactos derivados de este fenómeno. El presente informe se centra en los impactos de este evento planetario sobre los ecosistemas y sobre los sistemas de producción agropecuaria.

Dado que la variación en las condiciones climáticas se manifiesta de manera más visible a partir de cambios en los valores de temperatura y precipitación pluvial, se ha tomado el sistema de zonificación climática diseñado por el botánico estadounidense Leslie Holdridge como marco analítico central. Este sistema se basa en la hipótesis que afirma que tanto los suelos como la vegetación clímax de una región pueden agruparse en unidades más o menos homogéneas, una vez que se han identificado los rangos de variación de determinadas condiciones ambientales. De esta cuenta, las denominadas *zonas de vida de Holdridge* se basan, fundamentalmente, en tres factores, a saber: la biotemperatura media anual, la precipitación pluvial anual y la evapotranspiración anual (Holdridge, 2000).

Además, se ha utilizado el sistema de zonas de vida de Holdridge por las siguientes razones:

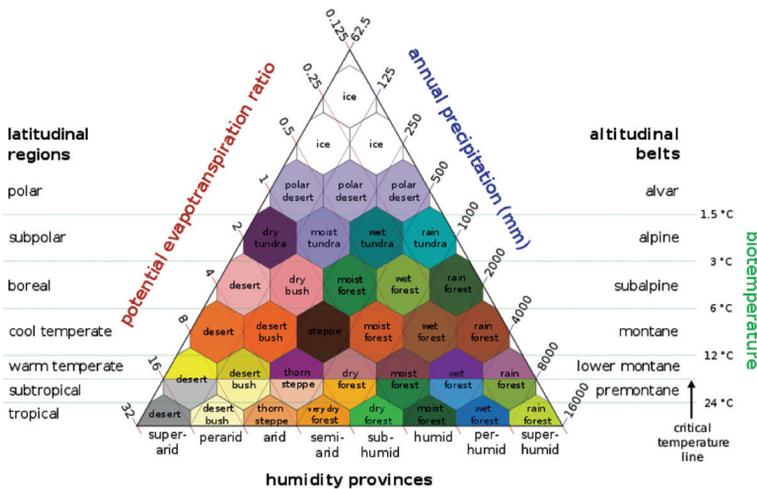
- i) se basa en datos cuantitativos;
- ii) favorece el análisis en función de registros georeferenciados;
- iii) se fundamenta en criterios climáticos y de vegetación;
- iv) el concepto «zonas de vida» sintetiza el efecto multivariado de los factores que controlan los ecosistemas, especialmente el clima, considerado el factor hegemónico, aunque también son significativos los aportes del suelo, la geomorfología y los factores bióticos;
- v) es sumamente versátil, especialmente cuando se trabaja a diferentes escalas o niveles de complejidad; y
- vi) estudios previos han demostrado su utilidad en ejercicios orientados a proyectar las tendencias de los impactos de cambio climático. De hecho, ha sido ampliamente validado y aplicado en diversas regiones del planeta y a diversas escalas (IARNA-URL, 2011).

Entre las desventajas del sistema se señalan las limitaciones que presenta al incorporar factores climáticos y no climáticos como los cambios en la variabilidad y estacionalidad climática, las alteraciones en las dinámicas locales asociadas al uso y cobertura del suelo, entre otros. Una buena parte de estas debili-

dades puede ser contrarrestada con la implementación de análisis a diversas escalas, la determinación de las asociaciones edáficas, topográficas, entre otras (Chen, Zhang y Li, 2003; Lugo, Brown, Dodson y Smith, 1999).

Como ya se ha indicado, en el sistema de zonificación climática de Holdridge resultan fundamentales los registros de temperatura y precipitación pluvial. Mediante fórmulas preestablecidas, se generan datos de las relaciones de evapotranspiración potencial. Estos datos, interpolados con los registros de la precipitación pluvial promedio anual y ocho de doce potenciales provincias de humedad ubicadas en la base del diagrama para la clasificación de zonas de vida (véase figura 11.1), se utilizan para establecer el tipo de asociación presente en un determinado territorio. Las asociaciones son las unidades naturales en las cuales la vegetación, la actividad animal, el clima, las formas de la tierra y el suelo están interrelacionados en una combinación reconocida y única, que tiene aspecto o fisonomía típica (Holdridge, 2000).

Figura 11.1
Diagrama de clasificación de zonas de vida



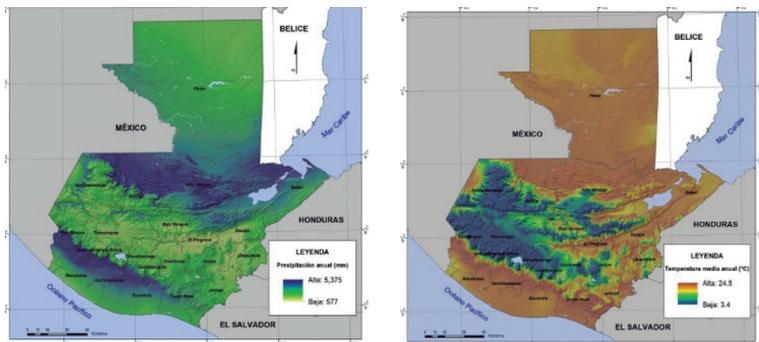
Fuente: Holdridge, L. 2000.

11.1.2 Los insumos de Worldclim: una base de datos global sobre clima

El *Worldclim* es una base de datos climática mundial generada a partir de la compilación de más de setenta y cinco mil estaciones meteorológicas alrededor del mundo. Estos datos han sido interpolados y, a partir de los resultados de dicha interpolación, se han generado capas mundiales de temperaturas (máximas y mínimas) y de precipitación pluvial, todas estimadas por mes, para capturar de mejor manera la estacionalidad de los cambios en las condiciones ambientales (Hijmans *et ál.*, 2005).

Los mapas de precipitación pluvial promedio anual y de temperaturas promedio anuales para Guatemala, elaborados con base en los registros del *Worldclim* y debidamente cotejados con los datos de las estaciones meteorológicas del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), se presentan en la figura 11.2.

Figura 11.2
Mapas de precipitación y temperatura promedio anuales según registros climáticos de 1950 al año 2000



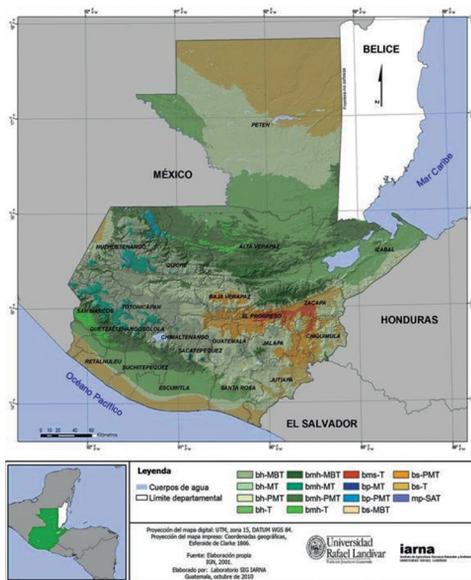
Fuente: Elaboración propia, con base en información de Worldclim.

A partir de los datos de temperatura y precipitación pluvial, y tomando como referencia el diagrama para la identificación de zonas de vida (véase figura 11.1), se identificaron y delimitaron las zonas de vida presentes en Guatemala, teniendo como punto de

referencia el año 2000. Para ello, se han utilizado las facilidades que brindan los sistemas de información geográfica, ya que cada pixel de las imágenes satelitales base fue codificado en función de los resultados de la aplicación del diagrama de Holdridge. Luego, se elaboró el mapa de zonas de vida (véase mapa 11.1), que tiene una resolución espacial de 1 km² por pixel. El mapa fue sometido a un proceso de verificación de campo y, por ende, a procesos de corrección. La fase de verificación de campo llevó al equipo investigador a recorrer casi 5000 km de territorio nacional a lo largo de más de tres años.

Este proceso permitió identificar y delimitar la presencia de quince zonas de vida. La codificación, la estimación de su presencia en términos porcentuales y la ubicación en términos de la división política administrativa de cada una de ellas, se sintetiza en el cuadro 11.1.

Mapa 11.1
Mapa de zonas de vida de Guatemala
con base en los registros climáticos al año 2000



Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 11.1
Zonas de vida de Guatemala
con base en las condiciones climáticas del periodo 1950-2000

<i>Código</i>	<i>Zona de vida</i>	<i>% País</i>	<i>Ubicación</i>
bh-PMT	Bosque húmedo premontano tropical	25.006	En los 22 departamentos
bh-T	Bosque húmedo tropical	20.994	Excepto en Chiquimula, Chimaltenango, El Progreso, Jalapa, Sololá y Totonicapán
bs-T	Bosque seco tropical	19.925	Excepto en Alta Verapaz, Sacatepéquez, Sololá y Totonicapán
bmh-PMT	Bosque muy húmedo premontano tropical	12.758	En Chiquimula, Guatemala, Jalapa, Jutiapa, Santa Rosa y Totonicapán
bh-MBT	Bosque húmedo montano bajo tropical	11.038	Excepto Izabal, Petén y Retalhuleu
bs-PMT	Bosque seco premontano tropical	3.335	Baja Verapaz, Chimaltenango, Chiquimula, El Progreso, Guatemala, Jalapa, Jutiapa, Quiché y Zacapa
bmh-MBT	Bosque muy húmedo montano bajo tropical	2.359	Excepto en Chimaltenango, Escuintla, Guatemala, Petén, Retalhuleu, Sacatepéquez, Santa Rosa y Totonicapán
bmh-MT	Bosque muy húmedo montano tropical	2.122	Chimaltenango, Escuintla, Guatemala, Huehuetenango, Jalapa, Quetzaltenango, Quiché, Sacatepéquez, San Marcos, Sololá, Suchitepéquez y Totonicapán
bmh-T	Bosque muy húmedo tropical	1.254	Alta Verapaz, Huehuetenango, Izabal, Quetzaltenango, Quiché, Retalhuleu, San Marcos, Suchitepéquez
bms-T	Bosque muy seco tropical	0.758	Chiquimula, El Progreso, Jalapa, Zacapa
bp-PMT	Bosque pluvial premontano tropical	0.282	Huehuetenango, Quiché, Suchitepéquez
bs-MBT	Bosque seco montano bajo tropical	0.070	Quiché y Totonicapán
bh-MT	Bosque húmedo montano tropical	0.042	Quetzaltenango y Totonicapán
mp-SAT	Monte pluvial subalpino tropical	0.030	Huehuetenango y San Marcos
bp-MT	Bosque pluvial montano tropical	0.027	Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chimaltenango, El Progreso, Escuintla, Sacatepéquez, Zacapa

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2000, el 89.72% del territorio nacional estaba ocupado por cinco zonas de vida, a saber:

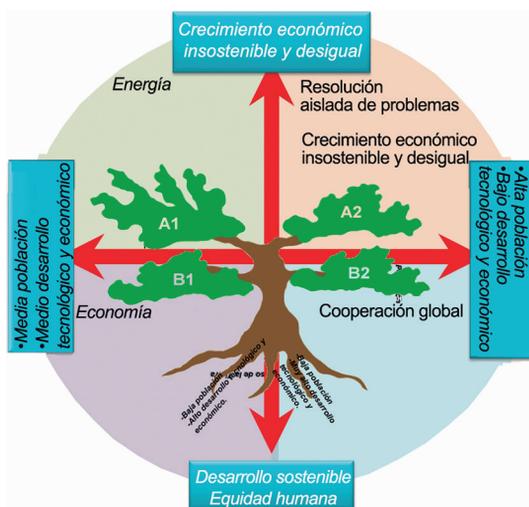
- i) bosque húmedo premontano tropical;
- ii) bosque húmedo tropical;
- iii) bosque seco tropical;
- iv) bosque muy húmedo premontano tropical; y
- v) bosque húmedo montano bajo tropical. Las otras diez zonas de vida ocupaban el 10% del país, una muestra significativa de la diversidad biológica guatemalteca a nivel de ecosistemas.

En términos de la distribución de las provincias de humedad en el territorio nacional, para el año 2000 los bosques húmedos representaban el 27%, los bosques secos y muy secos el 24% y los bosques muy húmedos el 18%. En el cuadro 11.2 se sintetizan las condiciones climáticas y altitudinales para cada una de las zonas de vida registradas.

11.1.3 Escenarios para el cambio climático

Los escenarios del cambio climático se fundamentan en las posibles trayectorias que van a seguir sus cinco fuerzas impulsoras a nivel global: crecimiento poblacional, desarrollo económico, consumo energético, desarrollo tecnológico y el uso de la tierra (véase Figura 11.3).

Figura 11.3
Construcción de los escenarios para el cambio climático



Fuente: Elaboración propia, con base en IPCC, 2000.

Cuadro 11.2
Características generales de las zonas de vida

<i>Zona de vida</i>	<i>Altitud (m s.n.m.)</i>		<i>Biotemperatura (°C)</i>		<i>Precipitación (mm)</i>		<i>Relación ETP/pp</i>	
	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>	<i>Mín.</i>	<i>Máx.</i>
bh-MBT	1033	3315	10.83	17.67	920	1998	0.442	0.983
bh-MT	2206	2842	12.58	13.50	909	957	0.775	0.870
bh-PMT	0	2292	17.50	24.52	1042	2296	0.514	1.102
bh-T	0	1650	20.80	24.52	1865	3409	0.384	0.746
bmh-MBT	979	2949	10.75	17.67	1830	3410	0.249	0.518
bmh-MT	1931	4047	3.42	13.25	1238	2110	0.095	0.517
bmh-PMT	0	2236	17.42	24.45	2010	4577	0.262	0.548
bmh-T	0	1485	21.67	24.46	3833	4769	0.272	0.369
bms-T	146	1017	22.19	23.97	577	878	1.497	2.405
bp-MT	2033	3962	5.75	10.92	1948	2573	0.158	0.257
bp-PMT	377	1933	18.50	21.58	4184	5375	0.213	0.274
bs-MBT	1916	2504	13.50	16.08	901	969	0.876	0.987
bs-PMT	149	1740	18.67	23.98	701	1156	1.049	1.877
bs-T	0	1310	21.13	24.46	942	1803	0.696	1.439
mp-SAT	3151	4201	3.42	6.42	1762	2110	0.095	0.212

Fuente: Elaboración propia.

El IPCC (2000), ha identificado cuarenta diferentes tipos de escenarios posibles para el futuro de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), los cuales han sido agrupados en cuatro líneas evolutivas denominadas A1, A2, B1, y B2. Estas líneas evolutivas surgen de la conjunción de dos ejes: por un lado, se encuentra el eje asociado a la manera en que se puede abordar el cambio climático: de una forma coordinada y cooperativa a nivel global o, en caso contrario, que cada país decida atender este problema de manera aislada. El otro eje de análisis se refiere a la manera en que se va a promover el desarrollo. Uno de los extremos lo constituye el desarrollo basado en el crecimiento económico insostenible e inequitativo y, por el otro lado, el

desarrollo sostenible, basado en un significativo cambio en las condiciones del capital humano.

Las relaciones que se establecen a partir de la interacción de estos ejes determinan las principales características de cada una de las líneas evolutivas. De esta cuenta, la línea A1 describe un mundo en rápido crecimiento económico en donde la población mundial alcanza su crecimiento máximo a mediados del siglo XXI y posteriormente inicia su declinación, es decir, se proyecta un desarrollo tecnológico y económico muy alto y una población en disminución. La línea evolutiva A2 describe un mundo muy heterogéneo, en donde la población mundial continúa incrementándose de manera sostenida sobre la base de un desarrollo tecnológico y económico muy bajo, más fragmentado y con un lento crecimiento. Esta línea evolutiva predice un aumento constante de la población, con marcadas diferencias regionales debidas a la heterogeneidad del desarrollo.

En la línea evolutiva B1, el escenario se construye con base en un mundo en donde la población alcanza sus niveles máximos a mediados del siglo XXI, para posteriormente iniciar su declinación. En términos de desarrollo, se esperan cambios en las estructuras económicas hacia una economía de servicios e información, con una significativa reducción en el uso de materiales y la introducción de tecnologías limpias y eficientes en el uso de los recursos.

La línea B2 describe un mundo en que el desarrollo se basa en una sostenibilidad económica, social y ambiental construida a nivel local y regional. El crecimiento poblacional sigue siendo intenso, aunque en niveles menores a los de la línea A2. A ello habrá que sumar la existencia de niveles intermedios de desarrollo económico. Este escenario está orientado hacia la protección del medio ambiente como base del desarrollo sostenible en general.

En el proceso de construcción de los escenarios de cambio climático en Guatemala, se han estimado, en principio, los promedios anuales de temperatura y precipitación pluvial que podemos esperar a nivel nacional para los años 2020, 2050 y 2080. Tanto las proyecciones de temperaturas y precipitación, así como los escenarios, se han elaborado con base en los criterios, información y modelos matemáticos que ha venido utilizando en los últimos años el IPCC, especialmente con los insumos proporcionados por el Cuar-

to Informe de Evaluación, conocido por sus siglas en inglés como AR4 (IPCC, 2000).

11.1.4 Modelos matemáticos para predecir la evolución del cambio climático

El cambio climático abrupto que actualmente se manifiesta a nivel planetario, se encuentra determinado por las actividades antropogénicas que modifican la concentración de ciertos gases que forman parte de la atmósfera. Por ello, los modelos matemáticos que se han desarrollado para predecir las variaciones climáticas futuras se fundamentan en tres consideraciones básicas:

- i)* a forma en que se van a seguir comportando las emisiones de GEI;
- ii)* la manera en que se van a comportar los procesos físicos que configuran el sistema climático a nivel planeta (atmósfera, océanos, criósfera, entre otros); y
- iii)* un horizonte de tiempo de referencia (IPCC, 2000).

En este ejercicio, las proyecciones de temperatura y precipitación se han desarrollado con base en el modelo matemático de simulación climática denominado *Hadley Centre Coupled Model*, versión 3 (HadCM3, por sus siglas en inglés), desarrollado por el *Hadley Centre for Climate Prediction and Research* de Inglaterra. Se utilizó este modelo porque posee la virtud de capturar las diferencias generadas por los cambios climáticos históricos y aquellos cambios generados por los forzamientos naturales y antropogénicos. Los escenarios construidos han sido los denominados A2, tipificado como un escenario tendencial y pesimista, y el escenario B2, considerado moderado u optimista (IPCC, 2000).

11.2 Potenciales impactos del cambio climático sobre los ecosistemas

Como se ha señalado en el apartado anterior, el sistema de zonas de vida de Holdridge es una herramienta adecuada para proyectar los potenciales impactos que la evolución del calentamiento global

tendrá sobre los ecosistemas del país. Dado lo anterior, es necesario señalar que los cambios que se proyectan en la expansión o contracción, surgimiento o desaparición de las zonas de vida son procesos prácticamente imperceptibles en periodos cortos. La interpretación de estos cambios demanda comprender, en su justa dimensión, la manera y los ritmos con que se dan los procesos ecológicos que caracterizan la sucesión ecológica. De hecho, los impactos del cambio climático sobre la diversidad biológica se podrán llegar a verificar luego de haber transcurrido prolongados periodos.

11.2.1 Síntesis de la proyección de cambios en las zonas de vida

Independientemente del tipo de escenario que se utilice para proyectar la potencial evolución de impactos del cambio climático, es innegable que las variaciones en las condiciones ambientales van a incidir sobre las relaciones naturales que se manifiestan en las zonas de vida. Los procesos de adaptación a estas nuevas condiciones van a incidir en los procesos de sucesión ecológica, los cuales, a su vez, van a generar en el corto plazo la sustitución de las zonas de vida monte pluvial subalpino tropical y bosque húmedo montano tropical. En el largo plazo, además de la extirpación de otras zonas de vida como el bosque pluvial montano tropical y el bosque premontano tropical, se crearán las condiciones para el surgimiento de dos nuevas zonas de vida: el monte espinoso tropical y el monte espinoso premontano tropical.

Asimismo, se proyecta una reducción en la presencia de las zonas de vida bosque muy húmedo tropical, montano tropical, montano bajo tropical y premontano tropical, además de la disminución del bosque húmedo premontano tropical y del bosque montano bajo tropical. Entre los bosques húmedos, es interesante el caso del bosque húmedo tropical, el cual se expandirá entre el 2000 y el 2050, pero cuya presencia territorial se verá significativamente mermada para el 2080.

Las zonas de vida que van a incrementar su presencia territorial son el bosque seco tropical, bosque seco premontano tropical y bosque seco montano bajo tropical, así como el bosque muy seco tropical. En términos porcentuales, los mayores incrementos

se van a dar en el bosque seco montano bajo tropical y en el bosque muy seco tropical.

Dado que la humedad del ambiente está determinada por la relación entre la temperatura y la precipitación, el sistema de zonas de vida toma como variable de análisis la relación de evapotranspiración potencial, es decir, la cantidad teórica de agua que podría ser cedida a la atmósfera por la cobertura natural del área. En otras palabras, es la cantidad de agua que la vegetación madura normal de un área podría potencialmente utilizar en una asociación climática determinada (Holdridge, 2000). Éste es el criterio que se usa para identificar y delimitar las denominadas provincias de humedad, factor que se ha utilizado para proyectar los cambios que se puedan dar en el interior de las zonas de vida. Con base en los escenarios A2 y B2, así como los horizontes de tiempo para la proyección de los cambios, se ha elaborado el cuadro 11.3, que muestra las variaciones que se darán en las provincias de humedad, a nivel nacional, de concretarse alguno de los escenarios proyectados.

Cuadro 11.3
Evolución de la presencia (%) a nivel nacional de las provincias de humedad, en función de los escenarios analizados

<i>Ámbito territorial</i>	<i>Provincia de humedad</i>	<i>Año base 2000</i>	<i>Escenario A2</i>				<i>Escenario B2</i>		
			<i>2020</i>	<i>2050</i>	<i>2080</i>	<i>2020</i>	<i>2050</i>	<i>2080</i>	
Guatemala	seca	24.089	38.434	49.03	69.79	31.653	34.63	64.27	
	húmeda	57.08	50.016	42.88	28.6	53.481	51.79	33.12	
	muy húmeda	18.492	11.468	8.087	1.611	14.68	13.46	2.609	
	pluvial	0.339	0.082	0.003	0	0.185	0.118	0	

Fuente: Elaboración propia, con base en IARNA, 2011.

11.2.2 Proyección del cambio climático sobre los ecosistemas

La descripción de los potenciales impactos del cambio climático que se detallan a continuación, tiene como punto de referencia las provincias de humedad definidas en el sistema de clasificación de zonas de vida de Holdridge.

11.2.2.1 Ecosistemas que se encuentran en provincias de humedad en donde la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación pluvial

Estas provincias de humedad comprenden las zonas de vida que se consideran secas o muy secas, caracterizadas por presentar promedios anuales de precipitación pluvial por debajo de los 1500 mm, biotemperaturas comprendidas entre los 20 y 26 °C y relaciones de evapotranspiración potencial superiores al 1.0. Estas zonas por lo general se encuentran por debajo de los 1000 m s.n.m..

Los factores de cambio para estas regiones estarán focalizados en variaciones en las temperaturas, tanto en promedios, como en las temperaturas máximas y mínimas, cambios en la estacionalidad de las mismas y una variabilidad interanual poco predecible. Las precipitaciones pluviales también van a verse impactadas, especialmente en lo que se refiere a las lluvias extremas, los promedios de las mismas, la variabilidad estacional y una reducción en el número de días de lluvia, que a la larga van a generar alta variabilidad interanual y estacional de la precipitación pluvial, originando con ello una intensificación del ciclo hidrológico.

A lo anterior habrá que sumar los impactos generados por la presencia de eventos climáticos extremos, el caso de sequías prolongadas y su relación con los niveles de aridez, variaciones en la intensidad y frecuencia de tormentas, huracanes, inundaciones e incendios forestales. También se esperan cambios a nivel fisiológico, especialmente aquellos procesos relacionados con el incremento de CO₂ en la atmósfera y el consabido incremento en los procesos respiratorios que se encuentra estrechamente relacionado con el estrés fisiológico.

Los efectos previsibles de este tipo de comportamiento climático y de respuestas de la vegetación se encuentran relacionados con:

- i)* una expansión de las zonas de vida propias de esta provincia de humedad;
- ii)* los cambios en la composición de especies y de los procesos fenológicos;
- iii)* la simplificación de los ecosistemas debida a los cambios en composición, estructura y función;

- iv) la migración obligada de una buena parte de las especies propias de estos ecosistemas;
- v) el incremento en los niveles de importancia de especies propias de bosques secundarios, especialmente especies pioneras y tolerantes a una mayor variabilidad climática, sobre todo a prolongados periodos de sequía y mayores niveles de aridez, derivados de un incremento en la escasez de agua y una reducción en el número de días de lluvia;
- vi) el incremento de las tasas de mortalidad de los individuos, especialmente aquellos que se encuentren en los bordes de fragmentos de bosques;
- vii) la pérdida del carbono presente en el suelo derivado de la disminución de la cobertura vegetal y de la disminución de la productividad neta de los ecosistemas; y
- viii) el aumento de la flamabilidad de la vegetación y, por ende, una significativa recurrencia de incendios forestales.

Los bosques secos representan los ecosistemas más amenazados en las regiones tropicales, sobre todo porque continúan siendo uno de los ambientes más apetecidos para la colonización humana, especialmente para la producción agrícola y la expansión industrial. A ello hay que sumar que se les considera los ecosistemas menos estudiados (Stoner y Sánchez-Azofeifa, 2009).

Los bosques secos y muy secos pueden considerarse entre los ecosistemas que resultarán más afectados por el cambio climático a nivel local, ya que son muy sensibles a la disminución de la precipitación y poseen altas tasas de endemismo (Enquist, 2002); aunque Jiménez (2009) considera que, derivado de su expansión territorial, los ecosistemas de esta provincia de humedad serán altamente dominantes en la región mesoamericana.

11.2.2.2 Ecosistemas que se encuentran en provincias de humedad en donde la precipitación pluvial es mayor que la evapotranspiración potencial y que se encuentran por debajo de los 1000 m s.n.m.

En estas provincias de humedad se encuentran las zonas de vida húmedas y muy húmedas, en donde predomina un clima cál-

do y se presentan biotemperaturas comprendidas entre los 20 y los 27 °C, precipitación pluvial entre los 1100 y más de 4000 mm de lluvia en promedio anual y relaciones de evapotranspiración que oscilan entre 0.45 y 0.95.

Al igual que en el caso de los bosques secos y muy secos, el cambio climático se va a manifestar a través de una fuerte variabilidad en la estacionalidad de las temperaturas, producto de un aumento abrupto de las temperaturas altas y medias. En el caso de la precipitación pluvial, en estas provincias de humedad se espera una disminución en el número de días de lluvia, derivado de la intensificación del ciclo hidrológico. Por ello, es de esperar un aumento considerable de aridez, que a su vez se manifestará en sequías, incendios e inundaciones cuando lleguen las tormentas propias de la época lluviosa. A nivel fisiológico, las especies experimentarán incrementos en sus niveles de respiración, lo cual conlleva estrés, favoreciendo con ello un incremento en las concentraciones de CO₂.

Bajo estas circunstancias, en esta provincia de humedad se proyecta:

- i)* una significativa reducción o, más probablemente, un colapso de los ecosistemas propios de esta provincia de humedad;
- ii)* altas probabilidades de que las zonas de vida más representativas de esta provincia de humedad puedan ocupar rangos altitudinales superiores;
- iii)* una severa reformulación específica a nivel de ecosistemas y severos cambios fenológicos a nivel de especies;
- iv)* que los espacios que actualmente ocupan las zonas de vida de esta provincia de humedad serán ocupados por zonas de vida propios de una provincia de humedad seca;
- v)* en los casos en que se promueva una regeneración secundaria de los ecosistemas, que ésta se presentará con una fuerte tendencia a estar conformada por especies características de bosques secos;
- vi)* una fuerte migración de especies hacia sitios con mayor altitud o hacia sitios en donde la precipitación pluvial sea mayor que la evapotranspiración potencial;

- vii) una alta erosión genética y una simplificación, tanto en estructura como en composición florística;
- viii) dado que no todas las especies van a poder migrar, un incremento en las tasas de mortalidad de especies, sobre todo en espacios abiertos dentro del bosque, modificando con ello los valores de importancia de las especies tolerantes a la luz (lianas, por ejemplo), y, por consiguiente, una disminución de las especies tolerantes a la sombra; y
- ix) el incremento en emisiones netas de CO₂ y la pérdida de carbono del suelo por disminución de biomasa y por el aumento de la flamabilidad en los ecosistemas; por consiguiente, una mayor presencia de incendios forestales, plagas y enfermedades.

Los bosques basales (ubicados por debajo de los 1000 m s.n.m.), y algunos bosques premontanos y montanos bajos van a soportar una significativa reducción en su actual extensión territorial. Los impactos del cambio climático sobre este tipo de ecosistema se van a manifestar en una disminución en su capacidad de resiliencia, derivada de los severos cambios en composición y estructura. Asimismo, presentarán una disminución muy intensa en los niveles de productividad primaria neta.

11.2.2.3 Ecosistemas que se encuentran en provincias de humedad en donde la precipitación pluvial es mayor que la evapotranspiración potencial y que se encuentran por encima de los 1000 m s.n.m.

Por lo general, las zonas de vida predominantes en estas provincias de humedad son las muy húmedas, lo cual obedece, en buena medida, a la altitud en la que encuentran. En esta provincia de humedad los rangos de precipitación pluvial van desde los 1600 hasta los 4000 mm anuales y un amplio rango de biotemperaturas, que van desde los 11 hasta los 27 °C. Con ello, se generan relaciones de evapotranspiración que tienen un índice que va del 0.3 al 0.5.

Dentro de los ecosistemas típicos de estas provincias de humedad se encuentran los denominados bosques mixtos y los bosques

puros de coníferas. Para esta región, los efectos del cambio climático van a provocar un incremento en las temperaturas medias anuales y cambios en la estacionalidad de las mismas. Esto, a su vez, estará acompañado de variaciones estacionales e interanuales en el régimen de lluvias, generando condiciones para el surgimiento de sequías, incendios forestales e intensas tormentas.

A raíz de lo anterior, en esta provincia de humedad es de esperar:

- i) un desplazamiento de las especies de las zonas de vida que forman parte de esta provincia de humedad, ocupando rangos altitudinales superiores a los actuales;
- ii) que las especies que tengan una alta capacidad de soportar las sequías (tales como las coníferas y los encinos), mantengan sus nichos ecológicos actuales y tengan la capacidad de colonizar estratos altitudinales superiores;
- iii) que de todas las zonas de vida, sea altamente probable que en los ecosistemas de esta provincia se conserven mejor las características esenciales de las dinámicas ecológicas como la composición, la estructura y la función;
- iv) que especies de importancia comercial como los pinos, así como las actividades asociadas a su manejo, puedan verse beneficiadas en algunos aspectos por el cambio climático; y
- v) que en estas provincias de humedad incremente la productividad primaria neta de los ecosistemas, aunada a un mantenimiento del equilibrio en las capacidades de resiliencia de los ecosistemas actuales.

En Guatemala, uno de los ecosistemas indicadores de estas zonas de vida lo constituye el bosque de pino-encino, que se encuentra por encima de los 1000 m s.n.m. Van Zonneveld *et ál.* (2009) han identificado los posibles impactos del cambio climático en las poblaciones naturales de *Pinus tecunumanii*. Sus proyecciones sugieren un impacto significativo sobre la distribución de las poblaciones naturales de esta especie. De hecho, es previsible que muestre un buen desempeño en una amplia variedad de climas, incluidos aquellos que, actualmente, se consideran poco aptos para la ocurrencia del pino natural. Estos resultados sugieren que las especies de pino

en bosques naturales estarán mejor adaptadas al cambio climático, si se les compara con poblaciones manejadas en plantaciones. En conclusión, estas comunidades presentan una relativa alta resiliencia ante los cambios en el clima, aunque su mayor amenaza se encuentra en factores antropogénicos que generan presiones sobre los ecosistemas que conforman.

Las proyecciones de la adaptabilidad de *Pinus oocarpa*, basadas en modelos que consideran un incremento de la temperatura media anual que va de los 3.8 a 8 °C, un aumento de humedad relativa anual de 26% y un aumento de la aridez, todos ellos proyectados hacia el año 2090, revelaron que el período más difícil para la adaptación de esta especie se dará entre 2030 y 2060, cuando se espera que sea más pronunciado el aumento de la aridez. Cambios de esta magnitud van a alterar la distribución natural de la especie, generando un atraso en el proceso de adaptación debido a que las tasas de cambio climático van a ser mayores que las tasas de adaptación biológica (Sáenz-Romero, Guzmán, y Rehfeldt, 2006).

1.2.2.4 Ecosistemas que se encuentran en provincias de humedad en donde la precipitación pluvial es dos veces mayor que la evapotranspiración potencial y que se encuentran por encima de los 1800 m s.n.m.

Estas provincias de humedad comprenden las zonas de vida pluviales, caracterizadas por presentar volúmenes de precipitación pluvial por encima de los 4000 mm, biotemperaturas comprendidas entre los 16 y 24 °C y relaciones de evapotranspiración potencial de 0.25. Estas zonas de vida por lo general se encuentran por encima de los 1800 m s.n.m. Los ecosistemas más representativos de estas provincias de humedad son los denominados bosques nubosos o selvas de montaña, aunque también es posible encontrar bosques mixtos o bosques de coníferas.

En estas zonas se espera un incremento en las temperaturas medias derivado de la variación en las temperaturas máximas diarias, lo cual viene a convertirse en el factor más crítico para la región, así como las variaciones en la estacionalidad anual e interanual de esta variable. Por ello, se esperan manifestaciones

de las estaciones secas más definidas y cambios en la estacionalidad y variabilidad interanual de las estaciones lluviosas; estas últimas, acompañadas de aumentos drásticos en las intensidades diarias de las lluvias.

Las proyecciones elaboradas suponen un incremento en la altitud de la línea de las nubes y la nubosidad, condición ambiental que es justamente la que genera las características climáticas tan propias y particulares de estos ecosistemas. Ligeras modificaciones en la línea de la nube inciden de manera altamente significativa en los equilibrios ecológicos de los ecosistemas propios de estas provincias.

Dentro de los principales efectos previsibles en esta provincia de humedad sobresalen:

- i)* la disminución en los niveles de nubosidad, con incidencia sobre la entrada de agua a los ecosistemas, así como un incremento sustantivo en las salidas de agua por evapotranspiración, derivado de los cambios en temperatura y reducción en los niveles de humedad relativa;
- ii)* los cambios drásticos en el balance hídrico de un ecosistema caracterizado por ser totalmente dependiente de las condiciones climáticas de su entorno;
- iii)* que el ritmo de los cambios sea mucho más acelerado que las capacidades que estos ecosistemas tengan para adaptarse a las nuevas condiciones ambientales, sobre todo aquellas asociadas a un déficit hídrico estacional;
- iv)* una severa reformulación del ecosistema a partir de los cambios críticos en composición y estructura, derivada de la extinción masiva de especies endémicas y aquellas especies que son altamente selectivas a las condiciones climáticas para su desarrollo;
- v)* la disminución, a niveles críticos, de las capacidades de captación y regulación hidrológica que en la actualidad poseen estos ecosistemas;
- vi)* la irrupción de especies invasoras en estas zonas, sobre todo de especies que provienen de ecosistemas característicos de la provincia de humedad inferior, es decir, de especies de bosques mixtos y de bosques de coníferas,

la cual va a ocasionar que la productividad neta de los ecosistemas se mantenga en equilibrio; y
vii) que la resiliencia de estos ecosistemas sea totalmente superada por los impactos del cambio climático, lo cual presupone una significativa reducción o, muy probablemente, un colapso de los ecosistemas típicos de esta provincia de humedad, debido a los cambios en las condiciones climáticas asociadas a las variables atmosféricas. Es de esperar una reducción crítica o desaparición de estos ecosistemas naturales.

Enquist (2002), con base en modelos espaciales desarrollados para predecir los cambios en la distribución y diversidad de los bosques tropicales de Costa Rica, identificó que las zonas de vida de alta elevación resultan ser las más sensibles a los cambios de temperatura, las cuales, a la vez, son los bosques que presentan los mayores niveles de endemismo (bosque pluvial montano, bosque pluvial montano bajo y bosque pluvial premontano). En tal sentido, este será el grupo de zonas de vida más afectado en cuanto a cambios en la composición y estructura. Una severa disminución del hábitat y, por ende, de diversidad y de endemismo, por sí sola sugiere una completa sustitución de muchos bosques, incluso la extinción de este tipo de bosques nublados tal como hoy los conocemos (Foster, 2001).

Bajo un escenario en donde se ha dado un incremento de temperatura de 2°C y una reducción de la precipitación pluvial de 20%, se proyecta una drástica reducción en el territorio ocupado por *Fagus grandiflora* var. mexicana. Cabe mencionar que en Mesoamérica, esta especie es indicadora de bosques húmedos y muy húmedos de montaña, así como del ecosistema de bosque nuboso. Si bien estas proyecciones se realizaron sobre áreas ubicadas fuera de los sistemas de áreas protegidas, la mayor parte de las poblaciones naturales de esta especie están ubicadas al interior de áreas destinadas a la conservación de biodiversidad. Los resultados destacan la urgencia de conservar parches remanentes de los bosques nubosos existentes (Téllez-Valdés, Vila-Aranda y Lira-Saade, 2006).

Según Foster (2001) y Holz y Gradsetin (2005), diversos estudios reportan una significativa sensibilidad a los efectos del cambio climático, sobresaliendo en este aspecto los anfibios y las epífitas mesoamericanas. En el cuadro 11.4 se sintetizan los impactos esperados del cambio climático en cada una de las provincias de humedad que han sido analizados en este acápite.

En función de los hallazgos, tanto del escenario A2 como del escenario B2, se espera que la biodiversidad se vea afectada, entre otros, en los siguientes aspectos:

- i)* cambios en la distribución de las especies a lo largo de gradientes altitudinales, de humedad y temperatura;
- ii)* cambios particulares en la fenología, es decir, en el calendario de eventos fundamentales en el ciclo biológico propio de cada especie;
- iii)* desacoplamiento de las interacciones de coevolución, tales como las relaciones planta-polinizador y aquellas relaciones de carácter simbiótico;
- iv)* cambios diferenciados en las relaciones demográficas a nivel de las poblaciones naturales de las especies, tales como supervivencia y fecundidad;
- v)* reducción en el tamaño de las poblaciones naturales;
- vi)* extinción o extirpación de especies con poblaciones de rango de distribución restringido o aisladas;
- vii)* pérdida directa de hábitat debida a diversas causas, entre ellas: el aumento del nivel del mar, el aumento de la frecuencia de incendios, los brotes espontáneos de plagas y enfermedades, y la variación en las condiciones ambientales de determinados hábitats (por ejemplo, el incremento en la temperatura de las aguas en arroyos de montaña); y
- viii)* incremento en la propagación de especies invasoras o no nativas; esto incluye plantas, animales y agentes patógenos (Mawdsley, O'Malley y Ojima, 2009).

Cuadro 11.4

Cambios en los ecosistemas provocados por los efectos del cambio climático

<i>Provincias de humedad</i>	<i>Factores de cambio climático</i>	<i>Posibles impactos</i>
Secas, muy secas (ETP>PP)	<ul style="list-style-type: none"> •Incremento abrupto de temperaturas medias y extremas, que genera cambios en las temperaturas máximas diarias y en la estacionalidad de las mismas. •Alta variabilidad interanual y estacional de las lluvias, con una marcada disminución de días de lluvia. •Aumento considerable de sequías e inundaciones. •Incremento de la aridez: mayor escasez de agua en estación seca y disminución de días de lluvia, sobre todo en la estación lluviosa. 	<ul style="list-style-type: none"> •Expansión territorial de las zonas de vida pertenecientes a esta provincia de humedad. •Migración de especies, simplificación de ecosistemas. •Cambios en composición, estructura y función. •Los valores de importancia de las especies van a modificarse, gradualmente irán predominando especies que actualmente se consideran propias del bosque secundario, especialmente especies pioneras resistentes a largos periodos de sequía. •Altas tasas de mortalidad de individuos, sobre todo en los bordes de fragmentos de bosque. •Pérdida de C del suelo debido a la pérdida de cobertura boscosa y una menor productividad neta de los ecosistemas. •Incremento en la presencia de incendios forestales. •A nivel fisiológico, se espera un incremento de los procesos respiratorios, generando estrés hídrico en las plantas.
Húmedas y muy húmedas por debajo de los 1000 m s.n.m. (PP>ETP)	<ul style="list-style-type: none"> •Aumento abrupto de temperaturas altas y medias, y significativos cambios en la estacionalidad. •Alta variabilidad interanual y estacional de la precipitación, disminución de días de lluvia y con ello una intensificación del ciclo hidrológico. 	<ul style="list-style-type: none"> •Reducción significativa de los sistemas naturales que forman parte de estas provincias de humedad. •Altas probabilidades de que los sistemas característicos de esta provincia de humedad se desplacen hacia rangos altitudinales superiores, aunque con severos cambios en estructura, composición y función. Derivado de ello, se espera una muy alta erosión genética. •Aumento de tasas de mortalidad en los espacios abiertos dentro del bosque y, consecuentemente, incremento en los

Cuadro 11.4
—Continuación—

<i>Provincias de humedad</i>	<i>Factores de cambio climático</i>	<i>Posibles impactos</i>
Húmedas y muy húmedas por debajo de los 1000 m s.n.m. (PP>ETP)	<ul style="list-style-type: none"> •Incremento considerable de sequías, aridez e inundaciones, así como de tormentas. •Aumento de concentración de CO₂ atmosférico, aumento de las tasas de respiración en los vegetales. •Reducción de la biotemperatura promedio en esta provincia de humedad. 	<p>valores de importancia de especies tolerantes a la luz, así como disminución de especies tolerantes a la sombra. De allí, una progresiva transformación de los sistemas naturales hacia ecosistemas representativos de bosques secos, especialmente en procesos de regeneración secundaria en sabanas.</p> <ul style="list-style-type: none"> •Migración de especies hacia sitios de mayor altitud o que presenten condiciones en donde la precipitación sea mayor que la evapotranspiración potencial. •Incremento en emisiones netas de CO₂ y pérdida de C del suelo por disminución de biomasa. <p>Aumento de incendios forestales, plagas y enfermedades.</p>
Húmedas y muy húmedas por encima de los 1000 m s.n.m. (PP>ETP)	<p>Aumento de temperaturas medias, cambios en la estacionalidad de esta variable.</p> <p>Alta variabilidad interanual y estacional de las lluvias que genera una intensificación del ciclo hidrológico, provocando con ello un incremento en las sequías y en las tormentas.</p> <p>Aumento de la biotemperatura y, con ello, incremento de los procesos respiratorios y un sustancial incremento en las concentraciones de CO₂ atmosférico.</p>	<p>Altas posibilidades de que las especies más representativas de esta provincia de humedad ocupen rangos altitudinales superiores.</p> <p>Las especies que presentan altos niveles de tolerancia a sequías, tales como las coníferas y los encinos, van a continuar ocupando sus nichos actuales y con altas posibilidades de emigrar hacia estratos altitudinales superiores.</p> <p>Los ecosistemas propios de esta provincia de humedad serán los que mejor conserven su composición, estructura y funcionalidad. De hecho, se esperan incrementos sustanciales en la productividad primaria neta (PPN), de estos ecosistemas.</p> <p>Aumento de incendios forestales, plagas y enfermedades.</p>

Cuadro 11.4

—Continuación—

<i>Provincias de humedad</i>	<i>Factores de cambio climático</i>	<i>Posibles impactos</i>
Húmedas y muy húmedas por encima de los 1800 m s.n.m. y pluviales (PP >2ETP)	<ul style="list-style-type: none"> •El factor crítico para esta provincia de humedad será el incremento de temperaturas medias y máximas, así como los cambios en la estacionalidad y la variabilidad interanual. •Las lluvias presentarían alta variabilidad interanual y estacional, generando una intensificación del ciclo hidrológico. •Surgimiento de una estación seca bien definida y, en la estación lluviosa, un aumento drástico de la intensidad diaria de lluvia. De ello se van a derivar sequías, aumento en la altitud de la línea de la nube y cambios en los índices de nubosidad, así como incendios forestales y tormentas. •Incremento de la biotemperatura, lo cual conlleva un aumento en los niveles de respiración y con ello un aumento de concentración de CO₂ atmosférico. 	<ul style="list-style-type: none"> •Reducción crítica o, lo más probable, colapso de los ecosistemas de esta provincia de humedad, especialmente en el caso de aquellos ubicados en estratos pluviales o nubosos. •Extinción masiva de especies endémicas y especies altamente selectivas de condiciones climáticas, lo que genera cambios críticos en estructura, composición y función de los sistemas naturales. •Exitosa adaptación de especies invasoras, sobre todo de aquellas provenientes de bosques mixtos y de coníferas, derivado de un incremento en la disponibilidad de nutrientes del suelo. •Reducción drástica de la nubosidad y de las entradas de lluvia, así como un aumento de salidas de agua por evapotranspiración y un aumento de temperatura y disminución de la humedad relativa. Esto implica cambios drásticos en el balance hídrico dependiente de las condiciones climáticas actuales. De hecho, se espera una disminución crítica en la capacidad de captación y regulación hidrológica. •Incremento en incendios forestales, presencia de plagas y enfermedades.

Fuente: Elaboración propia.

11.3 Potenciales impactos del cambio climático sobre sistemas agropecuarios

Una vez identificados los potenciales impactos del cambio climático sobre los ecosistemas, se proyectaron los posibles impactos del cambio climático sobre los sistemas productivos, sobre la base de las provincias de humedad previamente descritas (véase cuadro 11.5). A grandes rasgos, los hallazgos denotan que las variaciones ambientales inducidas por el cambio climático obligarán a los productores a realizar importantes esfuerzos de planificación y adaptación tecnológica.

11.3.1 Sistemas agropecuarios que se encuentran en provincias de humedad en donde la evapotranspiración potencial es mayor que la precipitación pluvial

En Guatemala los sistemas productivos prevalecientes bajo estas condiciones ambientales se asocian a la ganadería bovina extensiva y el cultivo de caña de azúcar, maíz, sorgo, arroz, tabaco y maní. Allí es donde se cultivan árboles frutales como mangos y limones, en donde se producen hortalizas como tomate, cebolla, chile, pepino, melón y sandía, propias de provincias de humedad conocidas como zonas secas y muy secas.

Bajo el contexto ambiental, previamente proyectado para esta provincia de humedad, la ganadería puede permanecer como una actividad productiva, aunque con una significativa disminución en la capacidad de carga por unidad de área. En el caso de los cultivos, es muy probable que en algunos de ellos, especialmente los cultivos hortícolas, se presente una inhabilitación natural derivada de la transición fisiológica a la que se verán sometidos.

11.3.2 Sistemas agropecuarios que se encuentran en provincias de humedad en donde la precipitación pluvial es mayor que la evapotranspiración potencial y que se encuentran por debajo de los 1000 m s.n.m.

En esta provincia de humedad, en donde se produce caña de azúcar, banano, plátano, ganadería bovina de carne, palma africa-

na, hule, cacao, cardamomo, maíz, frijol, ajonjolí, arroz, huertos familiares con frutas tropicales, yuca y papaya, se espera también un sustancial incremento en las temperaturas altas y medias, y significativos cambios en la estacionalidad climática.

En las regiones hacia donde se extiendan las provincias secas, los cultivos representativos de dichas regiones tendrán un mayor potencial productivo; sin embargo, si la transición se profundiza hacia provincias de humedad muy secas, se dará una inhabilitación de los mismos. En estas provincias de humedad se esperan cambios significativos en la composición y estructura de los ecosistemas, los que generarán una profunda erosión genética y una simplificación de la estructura y composición florística. Con ello, habrá un aumento en las tasas de mortalidad de especies animales y vegetales, un incremento de los espacios abiertos dentro del bosque y, consecuentemente, una reducción en el valor de importancia de especies tolerantes a la sombra. Con esta disminución en la biomasa de los ecosistemas, se generará un incremento en emisiones netas de CO₂ y pérdida de carbono del suelo. Se proyecta un incremento de incendios, plagas y enfermedades. A nivel de cultivos, se esperan mejores o iguales condiciones para la palma, el hule y la caña de azúcar, mientras que las condiciones críticas serán para el banano, el cacao, el arroz, el cardamomo, la yuca, el frijol y el maíz.

Cuadro 11.5

Efectos esperados del cambio climático sobre los sistemas productivos al año 2050, en función de las provincias de humedad definidas en el sistema de zonas de vida de Holdridge

<i>Provincias de humedad</i>	<i>Tipo de sistema productivo</i>	<i>Impactos previsibles</i>	<i>Alternativas</i>
Seco y muy seco	•Ganadería bovina extensiva	•Expansión territorial de estas zonas de vida. Conversión de seco a muy seco.	•Semillas mejoradas resistentes a la sequía. •Mejores razas de ganado.
	•Caña		
	•Maíz	•Mayor variabilidad climática (largos períodos de sequía y-	
	•Sorgo		
	•Arroz		

Cuadro 11.5
—*Continuación*—

<i>Provincias de humedad</i>	<i>Tipo de sistema productivo</i>	<i>Impactos previsibles</i>	<i>Alternativas</i>
Seco y muy seco	<ul style="list-style-type: none"> •Tabaco •Maní •Árboles frutales •Tomate •Cebolla •Chile •Pepino •Melón •Sandía 	<ul style="list-style-type: none"> aumento de la aridez, es decir, mayor escasez de agua en estación seca y disminución de días de lluvia en estación lluviosa). •Pérdida de carbono del suelo y consecuente pérdida de fertilidad natural. •La ganadería podrá permanecer como una actividad productiva bajo estas condiciones. •En donde se amplíe el área seca, los cultivos representativos tendrán un mayor potencial, pero al pasar a muy seco habrá inhabilitación para algunos cultivos. 	<ul style="list-style-type: none"> •Semillas mejoradas resistentes a la sequía. •Mejores razas de ganado. •Sistemas silvopastoriles. •Infraestructura para captación y almacenamiento de agua. •Implementación de sistemas de riego. •Velar por la seguridad alimentaria. •Revalorización de sistemas tradicionales de cultivo. •Prácticas de manejo y conservación de suelos. •Manejo integrado de plagas. •Investigación sobre cambio climático. •Gestión de riesgo. •Gestión de riesgo financiero.
	Húmedo y muy húmedo en pisos basales ubicados hasta 1000 m s.n.m.	<ul style="list-style-type: none"> •Caña de azúcar •Banano •Plátano •Ganadería bovina de carne •Palma africana •Hule •Cacao •Cardamomo •Maíz 	<ul style="list-style-type: none"> •Reducción de zonas de vida y tendencia de transformación hacia humedad seca. •Alta erosión genética y simplificación de la estructura y composición florística. •Aumento de tasas de mortalidad, de espacios abiertos dentro del bosque e incremento en valor

Cuadro 11.5
—Continuación—

<i>Provincias de humedad</i>	<i>Tipo de sistema productivo</i>	<i>Impactos previsibles</i>	<i>Alternativas</i>
Húmedo y muy húmedo en pisos basales ubicados hasta 1000 m s.n.m.	<ul style="list-style-type: none"> •Caña de azúcar •Frijol •Ajonjolí •Arroz •Huertos familiares con frutas tropicales •Yuca •Papaya 	<ul style="list-style-type: none"> •de importancia de especies tolerantes a la luz, así como disminución de especies tolerantes a la sombra. •Incremento en emisiones netas de CO₂ y pérdida de carbono del suelo por disminución de biomasa. •Aumento de incendios, plagas y enfermedades. •Mejores o iguales condiciones para ganadería, palma, hule, caña. •Condiciones críticas para banano, cacao, arroz, cardamomo, yuca, frijol y maíz. 	<ul style="list-style-type: none"> •Prácticas de manejo y conservación de suelos. •Manejo integrado de plagas. •Investigación sobre cambios climáticos. •Gestión de riesgo. •Gestión de riesgo financiero.
	Húmedo y muy húmedo en pisos ubicados a más de 1000 m s.n.m.	<ul style="list-style-type: none"> •Café •Ganadería de leche •Maíz •Frijol •Papa •Repollo •Zanahoria •Cebolla •Calabazas •Remolacha •Lechuga •Espárrago •Arveja china •Ejote francés •Flores 	<ul style="list-style-type: none"> •Altas posibilidades de que ocupe rangos altitudinales superiores. •Especies con altos niveles de persistencia, sobre todo con alta tolerancia a sequías (p.ej., pinos y encinos), podrán seguir ocupando sus nichos actuales o migrar a estratos altitudinales superiores. •Serán los ecosistemas que mejor conserven

Cuadro 11.5
—*Continuación*—

<i>Provincias de humedad</i>	<i>Tipo de sistema productivo</i>	<i>Impactos previsibles</i>	<i>Alternativas</i>
Húmedo y muy húmedo en pisos ubicados a más de 1000 m s.n.m.	<ul style="list-style-type: none"> •Café •Plantas ornamentales •Aguacate •Frutales deciduos 	<ul style="list-style-type: none"> su composición, estructura y funcionalidad. •Aumento de incendios, plagas y enfermedades. 	<ul style="list-style-type: none"> •Prácticas de manejo y conservación de suelos. •Ordenamiento territorial y protección de partes altas de cuencas. •Investigación sobre cambios en temperatura y precipitación.
	<ul style="list-style-type: none"> •Manzana •Durazno •Pera •Ciruela 	<ul style="list-style-type: none"> •Aumento de productividad primaria neta. • Especies de importancia económica y su manejo pueden verse beneficiados. •Mayor capacidad de resiliencia a los cambios en la mayoría de los cultivos. •La variación en horas frío afectará a los frutales deciduos. 	
Humedos pluviales	<ul style="list-style-type: none"> •Café •Ganado de leche •Plantas ornamentales 	<ul style="list-style-type: none"> •Reducción significativa de los ecosistemas naturales. •Disminución de nubosidad y entradas de lluvia, así como el aumento de salidas de agua (evapotranspiración), y disminución de la humedad relativa. Es decir, cambios drásticos del balance hídrico y déficit hídrico estacional. •Disminución crítica de la capacidad de 	<ul style="list-style-type: none"> •Sistemas agroforestales. •Infraestructura para captación y almacenamiento de agua. •Infraestructura para disminuir los efectos de mayores caudales instantáneos. •Velar por la seguridad alimentaria. •Revalorización de sistemas tradicionales de cultivo. •Gestión de riesgo. •Prácticas de manejo y conservación de suelos. •Ordenamiento territorial y protección de partes altas de cuencas.

Cuadro 11.5
—Continuación—

<i>Provincias de humedad</i>	<i>Tipo de sistema productivo</i>	<i>Impactos previsibles</i>	<i>Alternativas</i>
Humedos pluviales		<ul style="list-style-type: none"> captación y regulación hidrológica de los ecosistemas conformantes actuales. •Aumento de disponibilidad de nutrientes del suelo. •Se mantienen o mejoran las condiciones agronómicas para la mayoría de los cultivos 	<ul style="list-style-type: none"> •Manejo forestal sostenible en sistemas agrosilvopastoriles •Investigación sobre cambios climáticos.

Fuente: IARNA-URL, 2010.

11.3.2 Sistemas agropecuarios que se encuentran en provincias de humedad en donde la precipitación pluvial es mayor que la evapotranspiración potencial y que se encuentran por encima de los 1000 m s.n.m.

Estas zonas se caracterizan por albergar sistemas productivos asociados a ganadería de leche y al cultivo de café, maíz, frijol, hortalizas como papa, repollo, zanahoria, cebolla, calabazas, espárrago, arveja china, ejote francés, plantas ornamentales y frutales deciduos como manzana, durazno, pera, ciruela, entre otros. Se espera un aumento de temperaturas medias y cambios en la estacionalidad climática.

En ellas existen altas posibilidades de que pasen a ocupar rangos altitudinales superiores y que sean las especies que presentan altos niveles de persistencia, sobre todo alta tolerancia a sequías, como coníferas y encinos, las que sigan ocupando sus nichos actuales.

Se proyecta que los ecosistemas de esta región sean los que conserven su actual composición, estructura y función, debido

a incrementos sustanciales en la productividad primaria neta del ecosistema. De hecho, en esta zona se espera que las actividades forestales puedan ser beneficiadas con los impactos del cambio climático. A nivel de cultivos, se espera un incremento en la capacidad de resiliencia en su mayoría, aunque la variación en el número de horas frío va a incidir de manera directa en la productividad de los frutales deciduos (IARNA, 2010).

11.3.3 Sistemas agropecuarios que se encuentran en provincias de humedad en donde la precipitación pluvial es dos veces mayor que la evapotranspiración potencial y que se ubican por encima de los 1800 m s.n.m.

En estas zonas se encuentran los sistemas productivos de café, ganado de leche, plantas ornamentales, entre otros. En ellas se proyectan cambios en la estacionalidad climática y la variabilidad interanual tanto de la temperatura como de la precipitación pluvial. De hecho, en estas regiones se espera el surgimiento de una estación seca bien definida y, en la estación lluviosa, un incremento drástico en la intensidad de las lluvias.

Dadas las proyecciones previamente descritas para esta provincia de humedad, es de esperar que las actividades productivas sean impactadas por una reducción de la humedad y un sustancial incremento en la disponibilidad de nutrientes del suelo, lo cual contribuye a que se mantengan o mejoren las condiciones agronómicas para la mayoría de los cultivos.

Reflexiones finales

Las interacciones entre los factores controladores del clima harán del norte de Mesoamérica una de las regiones que mayores cambios va a enfrentar a nivel global, como producto del cambio climático. Los impactos de este evento planetario son ya evidentes, y empiezan a incidir sobre los ecosistemas y los sistemas productivos guatemaltecos. Por ahora, los efectos más visibles se encuentran asociados con el aumento de la temperatura y una significativa variabilidad en los ciclos de las lluvias. Es de esperar que los cambios

en las condiciones climáticas sean más rápidos que la capacidad de los ecosistemas de adaptarse a los mismos.

Los escenarios elaborados para el territorio guatemalteco señalan que, para el año 2050, cambiarán las condiciones climáticas en más del 50% del país. Para el 2080, los cambios habrán afectado a más del 90% de Guatemala. Los potenciales impactos del cambio climático sobre los ecosistemas señalan una expansión de bosques secos y muy secos que, para el año 2000, cubrían cerca del 20% del territorio nacional, pero que para el 2050 y el 2080, llegarán a alcanzar el 40% y más del 65% de la superficie guatemalteca, respectivamente. Además, los cambios en el entorno natural favorecerán el surgimiento y la posterior expansión de la zona de vida monte espinoso. Asimismo, se espera una reducción en la extensión ocupada por bosques húmedos, muy húmedos y pluviales, los cuales, en el año 2000, cubrían casi el 80% del territorio nacional. Esta reducción en su extensión territorial alcanzará un 60% para el año 2050 y un poco menos del 35% para el 2080.

Las modificaciones en las condiciones ambientales, aunadas a la actual degradación, agotamiento y contaminación del entorno natural, preludian una progresiva simplificación de los ecosistemas y, con ello, una acelerada erosión genética. Una sustancial alteración en la estructura y composición de los ecosistemas impactará significativamente en la capacidad de dichos ecosistemas para generar los servicios ecosistémicos de los que dependen las sociedades humanas. Temas como la captación y regulación hidrológica, los niveles de productividad primaria neta, la permanencia de diversidad biológica de importancia económica, alimentaria y medicinal, son fundamentales para sustentar tanto los medios de vida de la población en general, como una buena parte de los procesos productivos que cimentan las economías regionales.

Guatemala, en la actualidad, se considera un país excedentario en agua, pero pasará a ser un país con marcados déficits hídricos en más del 65% de la extensión territorial, al modificarse la relación entre la evapotranspiración potencial sobre la precipitación. En consecuencia, tal como se ha señalado a lo largo de este análisis, los efectos del cambio climático van a incidir no sólo sobre los ecosistemas naturales, sino también en los sistemas productivos

y, especialmente, en el abastecimiento hídrico de los grupos sociales. Es necesario resaltar que las amenazas inducidas por el cambio climático tienen efectos aditivos, dadas las deficiencias que presenta la gestión ambiental nacional. Esos efectos se relacionan con carencias de agua, espacios productivos, energía, calidad del aire, entre otros, y afectan a más de la mitad de la población guatemalteca.

Bajo este contexto, es fundamental enfocar los objetivos de las políticas públicas hacia visiones y horizontes claramente establecidos, procesos definidos para alcanzarlos y estructuras institucionales renovadas y dinamizadas en torno de la prevención y adaptación local al cambio climático. En todo caso, es de capital importancia enfatizar en la obligación de asumir una nueva forma de pensar con respecto al cambio climático y las implicaciones que éste tiene y tendrá en la vida cotidiana de todos los guatemaltecos. Todo ello, sin menoscabar las obligaciones que este evento planetario impone a las relaciones entre los países desarrollados y el resto de las naciones en el mundo. A nivel de país, debemos también reconocer las obligaciones entre los sectores más solventes y los más vulnerables. Todos estos desafíos son mucho más importantes que las contribuciones de la cooperación internacional por sí mismas, las cuales, por lo general, son parciales y temporales, y están enfocadas en el abordaje de la mitigación.

Entre los elementos que en materia de adaptación deben ser recogidos a través de estas políticas públicas e implementados de manera prioritaria y en el corto plazo, destacan:

- Una profunda y necesaria reforma del Estado guatemalteco para dotarlo de un sistema institucional funcional y competente, no sólo en su capacidad de orientar y organizar las acciones nacionales para modificar y detener las trayectorias actuales de agotamiento, deterioro y contaminación de nuestros ecosistemas, sino también para conceptualizar, diseñar y poner en marcha estrategias de adaptación a los eventos inducidos por el cambio climático. Esta reforma al sistema institucional deberá atender las capacidades para identificar, a escala territorial, los efectos inducidos por el

cambio climático y desarrollar capacidades de seguimiento y evaluación sobre cuya base deberán descansar nuestras destrezas predictivas y de prevención y adaptación local. A ello se suman el establecimiento de alertas tempranas a sequías, inundaciones y deslizamientos. Todos estos elementos deben gestarse desde el nivel local y constituirse en la base para la adaptación de las dinámicas sociales y económicas nacionales y locales.

• Se deben establecer «reservas ambientales» estratégicas para amortiguar los progresivos cambios en las condiciones ambientales. Se debe proteger y restaurar una reserva ambiental adecuada para satisfacer las necesidades cotidianas de las personas, en materia de bienes y servicios ambientales, así como promover esfuerzos para regular los flujos entre la naturaleza y la economía, a fin de evitar la transgresión de límites que potencialicen las amenazas del cambio climático. La consideración de las reservas, los flujos y las relaciones entre ellos, son fundamentales para propiciar la sostenibilidad del país en medio de las nuevas condiciones impuestas por el cambio climático. Dentro de los esfuerzos impulsados para el establecimiento de las reservas ambientales, no sólo deberá consolidarse el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP), sino también deberán garantizarse ciertos niveles de calidad ambiental en el agua y la atmósfera. Su gestión administrativa y funcional deberá promoverse en sintonía con el potencial de las áreas individuales, para:

- i)* reducir el impacto de los desastres;
- ii)* regular el ciclo hidrológico, clave para el abastecimiento de la demanda;
- iii)* proveer estabilidad en las zonas marino-costeras y facilitar ciclos de vida de poblaciones marinas;
- iv)* proveer soporte para nuevos sistemas de producción, incluida la domesticación de especies silvestres;
- v)* proveer medicinas, material genético y materiales para la construcción, entre otros aspectos.

- Además, debe considerarse la promoción y desarrollo de corredores biológicos basados principalmente en criterios de cobertura forestal y uso del suelo, para conectar áreas protegidas viables y representativas, a nivel de mesoescala e integrando esfuerzos internacionales.
- La adaptación a las nuevas condiciones ambientales demanda un abordaje territorialmente diferenciado. Los territorios deben ser el espacio para la aplicación de las políticas públicas en materia de adaptación. A partir de las demandas sociales y los escenarios derivados del crecimiento poblacional, se deben establecer los respectivos balances con la oferta hídrica, oferta energética y de espacio productivo para la producción de alimentos de cada territorio. De igual manera, ese territorio será la base para la gestión del riesgo de desastres (derrumbes e inundaciones, por ejemplo) y de eventos extremos, como las sequías y las heladas.
- Dados los cambios en el ciclo hidrológico, se hace urgente e imperativo impulsar tanto una política de gestión integral del agua como una política hidráulica. La segunda, subordinada a la primera y encaminada a almacenar y conducir agua, lo cual está íntimamente ligado al desarrollo de obras físicas. La primera, y con un enfoque más integral, debe promover un abordaje sensato de las acciones de la administración pública a distintos niveles (nacional, regional, municipal y cuenca) y en distintos ámbitos (usos, conservación, almacenamiento, conducción, tratamiento, entre otros), que orientan el desarrollo, la asignación, la preservación y la gestión de los recursos hídricos para el mayor alcance social.
- El sistema institucional, una vez reformado, deberá prever la revitalización de las capacidades nacionales en materia de investigación para el desarrollo de tecnologías apropiadas a las nuevas condiciones ambientales, con miras a enriquecer los sistemas de producción que se elijan para cada territorio. Algunas líneas de trabajo sugeridas son:
 - i) mejoramiento genético de especies, para su resistencia a sequías y plagas asociadas;

- ii)* adaptación de especies de importancia económica y social;
 - iii)* fomento de la producción bajo ambientes controlados;
 - iv)* métodos de manejo y recuperación de suelos que promuevan incrementos sustanciales en los rendimientos de los cultivos por unidad de área;
 - v)* adaptación de los calendarios de siembras;
 - vi)* mejoramiento e implementación de sistemas de riego y
 - vii)* reconversión de cultivos.
- Lo anterior implica promover una adaptación progresiva e inteligentemente conducida de la economía nacional ante los impactos del cambio climático, a fin de garantizar el mejor uso del territorio conforme las prioridades sociales dominantes y el bien común. Para ello, el sistema institucional renovado y dinamizado deberá hacer uso de instrumentos económicos, normativos y de sensibilización, para persuadir a los diferentes grupos de interés a que asuman las orientaciones de política pública establecidas. Es decir, las actividades productivas no sólo serán las de mayor viabilidad en el nuevo contexto climático, sino las de mayor alcance social.
 - Para apoyar las iniciativas productivas de campesinos excedentarios, de subsistencia y de infrasubsistencia, será deseable que el Estado diseñe e implemente, siempre conforme a las prioridades y particularidades territoriales, y con un rol diferenciado según el tipo de campesino, un sistema de soporte integrado al menos por:
 - i)* asistencia técnica e investigación adaptativa;
 - ii)* capacitación;
 - iii)* apoyo a la organización social y a la producción;
 - iv)* asesoría para obtener financiamiento rural y acceso a mercados;
 - v)* apoyo para el diseño y desarrollo de cadenas de producción;

- vi) desarrollo de infraestructura productiva y de beneficio público, como los caminos rurales.

Bibliografía

- Arnell, N. (1999). "Climate change and global water resources", *Global Environmental Change*, (9): S31-S49.
- Chen, X.; Zhang, X. S. & Li, B. L. (2003). "The possible response of life zones in China under global climate change", *Global and Planetary Change*, 38: 327-337.
- Enquist, C. (2002). "Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica", *Journal of Biogeography*, (29): 519-534.
- Foster, P. (2001). "The potential negative impacts of global climate change on tropical montane cloud forest", *Earth Science Reviews*, (75): 73-106.
- Hijmans, R.; Cameron, S.; Parra, J. L.; Jones, P. G. & Jarvis, A. (2005). "Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas", *Int. J. Climatol.*, 25: 1965-1978. Recovered from http://worldclim.org/worldclim_IJC.pdf, en abril del 2011.
- Holdridge, L. (2000). *Ecología basada en zonas de vida*. Trad. Humberto Jiménez. 5ta reimpresión. San José, C. R.: IICA.
- Holz, I. & Gradstein, R. (2005). "Phytogeography of the bromophyte floras of oak forests and páramo of the Cordillera de Talamanca, Costa Rica", *Journal of Biogeography*, (32), 1591-1609.
- Huntington, T. (2003). "Climate warning could reduce runoff significantly", *Agricultural and Forest Meteorology*, (117): 193-201.
- IARNA- URL [Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar] (2009). *Perfil Ambiental de Guatemala 2008-2009. Las señales ambientales críticas y su relación con el desarrollo*. Guatemala: Autor.
- (2010) *Impactos sociales y económicos del cambio climático con énfasis en los sectores de energía y agricultura*. Documento de trabajo. Guatemala.

- (2011). *Cambio climático y biodiversidad. Algunos elementos para analizar sus interacciones en Guatemala*. Guatemala.
- IPCC [Intergovernmental Panel on Climate Change] (2000). *Escenarios de emisiones. Reporte especial del IPCC. Resumen para responsables de políticas*. New York.
- (2007). *Cambio Climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los grupos de trabajo I, II y III al cuarto informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático*. Ginebra: OMM/PNUMA.
- Jancovici, J. M. (2010). *El cambio climático explicado a mi hija*. Trad. Víctor Goldstein. Buenos Aires: Fondo de Cultura Económica.
- Jiménez, M. (2009). *Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático*. Turrialba, Costa Rica: CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza).
- Lugo, A. E.; Brown, S. L.; Dodson, R. & Smith, T. S. (1999). “The Holdridge life zones of the conterminous United States in relation to ecosystem mapping”, *Journal of Biogeography*, 1025-1038.
- MARN-URL/IARNA-PNUMA [Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, Instituto de Agricultura, Recursos Naturales y Ambiente de la Universidad Rafael Landívar, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente] (2009). *Informe Ambiental del Estado-GEO Guatemala 2009*. Guatemala.
- Mawdsley, J., O; Malley, R. & Ojima, D. (2009). “A review of climate change adaptation strategies for wildlife management and biodiversity conservation”, *Conservation Biology*, 23(5): 1080-1089.
- ONU [Organización de las Naciones Unidas] (2009). *Riesgo y pobreza en un clima cambiante. Invertir hoy para un mañana más seguro*. Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza.
- Sáenz-Romero, C.; Guzmán, R. & Rehfeldt, G. (2006). “Altitudinal genetic variation among *Pinus oocarpa* populations in Michoacán, Mexico. Implications for seed zoning, conservation,

- tree breeding and global warming”, *Forest Ecology and Management*, 226: 340–350.
- Stoner, K. & Sánchez-Azofeifa, A. (2009). “Ecology and regeneration of tropical dry forests in the Americas: implications for management”, *Forest Ecology and Management*, (258): 903-906.
- Téllez-Valdés, O.; Vila-Aranda, P. & Lira-Saade, R. (2006). “The effects of climate change on the long-term conservation of *Fagus grandifolia* var. *mexicana*, an important species of the Cloud Forest in Eastern Mexico”, *Biodiversity and Conservation* (15): 1095-1107
- Van Zonneveld, M.; Jarvis, A.; Dvroat, W.; Lemma, G. & Leibin, C. (2009). “Climate change impact predictions on *Pinus patula* and *Pinus tecunumanii* populations in Mexico and Central America”, *Forest Ecology and Management*, (257): 1566-1576.

El libro *Impacto de los siniestros en el medio rural en México y Centroamérica*, coordinado por los doctores Benito Ramírez Valverde, Javier Ramírez Juárez, José Pablo Prado y Silvel Elías, se terminó el 15 de enero de 2019 por Altres Costa-Amic Editores, S.A. de C.V., Calle 35 Poniente 302-A, Colonia Chula Vista, Puebla, Puebla 72420, México. telcel 222 200 3349, «contacto.costaamic@gmail.com». La edición de 1000 ejemplares, con la colaboración de Myrna Ojeda Álvarez en la corrección de estilo e Isaías Velázquez en la maquetación, estuvo al cuidado de los doctores Bento Ramírez Valverde y Javier Ramírez Juárez y de Bartomeu Costa-Amic Leonardo.



B. COSTA-AMIC

desde 1943

Otros libros publicados con el
Colegio de Postgraduados Campus Puebla

Seguridad alimentaria en Puebla: prioridad para el desarrollo, Enrique Reyes Altamirano y Juan Alberto Paredes Sánchez (coords).

El Programa de Divulgación en el Plan Puebla (1968-1986), Juan Francisco Escobedo Castillo

Investigación multidisciplinaria en la Sierra Norte de Puebla, Benito Ramírez Valverde y Héctor Bernal Mendoza

Experiencias y aportaciones en la investigación científica y tecnológica para el desarrollo rural, tomos I y II, Filemón Parra Inzunza e Ignacio Ocampo Fletes

Cultivos sanos (control de insectos plaga con bajo impacto ambiental), Arturo Huerta de la Peña y Ramón Díaz Ruiz

Los proyectos de escalamiento «La Milpa Intercalada en Árboles Frutales» (MIAF) y el «Microfinanciamiento Sustentado en Cajas de Ahorro y Préstamo» a nivel comunitario y sus relaciones operativas, Heliodoro Díaz Cisneros y Ángel Ramos Sánchez

El enfoque regional en el desarrollo agrícola.

La innovación en agricultura campesina, Ignacio Ocampo Fletes y Javier Ramírez Juárez

Modelos para el desarrollo rural con enfoque territorial en México, Ignacio de los Ríos Carmenado, José Isabel Olvera Hernández, Ricardo Mendoza Robles y Nicolás Pérez Ramírez

Desarrollo de la agricultura sostenible. Alternativas tecnológicas y enfoques sociales, tomos I y II, Ramón Díaz Ruiz, Arturo Huerta de la Peña, et ál.

Experiencias en la producción de ganado caprino en el estado de Guerrero, Roberto Cabrera Solís, Samuel Vargas López, Ángel Bustamante González, José Isabel Olvera Hernández, et ál.

Turismo rural. Complemento o exclusión en el desarrollo territorial rural, José Pedro Juárez Sánchez, Benito Ramírez Valverde, et ál.

Los programas de desarrollo y la extensión rural en México, Jesús Felipe Álvarez Gaxiola

Estudios para el desarrollo rural de Puebla, Benito Ramírez Valverde, Héctor Bernal Mendoza (coords)

Estudios interdisciplinarios para el desarrollo en Puebla y Tlaxcala, H. Bernal Mendoza y B. Ramírez Valverde (coords).

Análisis y experiencias en turismo en el estado de Puebla. Aportaciones para impulsar la demanda, José Pedro Juárez Sánchez, Benito Ramírez Valverde, et ál.

Los trabajos que se presentan en este libro contribuyen al conocimiento del impacto de los siniestros en Mesoamérica, los cuales son cada vez más constantes y ponen en riesgo la vida de las personas, de sus patrimonios y de sus medios de vida. Los siniestros afectan severamente las condiciones de vida las poblaciones, pero particularmente de la población que se encuentran con mayor vulnerabilidad económica, social, política y ambiental; población que habita, generalmente, espacios donde la presencia de bienes y servicios son reducidos o nulos, o aún más en zonas de alto riesgo. Es por ello que los países más afectados y con más riesgo por el cambio climático son aquellos con menor desarrollo social y económico, países con altos niveles de vulnerabilidad sistémica. Estos procesos están presentes en Mesoamérica y representan un serio desafío a la seguridad y supervivencia de las personas.

Los riesgos en el mundo moderno provienen de diferentes fuentes, uno de ellos desde la perspectiva de Beck (1998), es aquel que proviene de la acción humana, en particular, por los efectos perversos de las acciones del crecimiento industrial y la ciencia y tecnología. Paradójico, que la acción humana, en la búsqueda del progreso genere incertidumbre y riesgos que pueden ser inmanejables para la existencia humana. El caso emblemático es el cambio climático, resultado antrópico sobre el medio ambiente.

De acuerdo con el Banco Mundial (2015), el cambio climático ocasiona que muchas personas no puedan salir de la pobreza extrema, y calcula que si no se realizan esfuerzos para un desarrollo incluyente y sustentable, es posible que para 2030 haya otros cien millones de personas en pobreza extrema. Por su parte, la CEPAL (2015) estima que los costos económicos del cambio climático en América Latina y el Caribe para el año 2050 se sitúen entre el 1.5% y el 5% del PIB regional.

