



LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN GUATEMALA

DOCUMENTO TÉCNICO 2018



La economía del cambio climático en Guatemala
Documento técnico 2018

Esta publicación fue coordinada entre el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) de Guatemala y la Sede Subregional de la CEPAL en México, como parte de la tercera fase de la iniciativa de La Economía del Cambio Climático en Centroamérica y la República Dominicana (ECC CARD). El compendio técnico fue preparado por Karina Caballero, con la asistencia de Sergio Solano, Gustavo Loyola, Alejandro Espinosa y Carlos Alberto Francisco, y revisado por la Dirección Nacional de Cambio Climático del MARN, del Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC). Contó con la supervisión de Hugo Eduardo Beteta, Director de la Sede Subregional de la CEPAL en México, y de Julie Lennox, coordinadora de la iniciativa; se contó con el apoyo de los señores Carlos Mansilla, asesor técnico, Roxana H. Valladares, asistente de gestión, Jaime Olivares y José Manuel Iraheta, funcionarios de la CEPAL, y Ramón Cota, editor. La diagramación del documento y la elaboración de su portada estuvieron a cargo del personal de la Unidad de Servicios Editoriales y de Conferencias (USEC) de la sede subregional.

Este documento se basó en los análisis preparados entre 2008 y 2015 en el marco de la iniciativa de la ECC CARD, coordinada desde 2008 con los Ministerios de Ambiente y Hacienda o Finanzas de Centroamérica, los consejos y secretarías ejecutivas correspondientes de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y el Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica y República Dominicana (COSEFIN), así como la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), instancias del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) y la Sede Subregional en México de la CEPAL, con aportes del Departamento de Desarrollo Internacional del Gobierno de Inglaterra (UKAID/DFID) y DANIDA. La fase III de la iniciativa ECC CARD también contó con la participación de instituciones nacionales y de la integración regional en los sectores de salud, agricultura y energía, con financiamiento de la CEPAL y del proyecto RG-X1107 del Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y del Fondo Nórdico de Desarrollo (NDF, por sus siglas en inglés). Por parte del BID colaboraron Omar Samayoa, Especialista de la División de Cambio Climático, y María Fernanda Alva, Oficial Administrativa. La serie agropecuaria se gestionó con los Ministerios de Agricultura del SICA, su Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC), su Secretaría Ejecutiva y su Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo (GTCCGIR). La publicación sobre salud se gestionó con los Ministerios de Salud, el Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica (COMISCA), su Secretaría Ejecutiva y su Comisión Técnica de Vigilancia en Salud y Sistemas de Información (COTEVISI).

Referencia sugerida:

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), NDF (Fondo Nórdico de Desarrollo), BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales - Guatemala) (2018), *La economía del cambio climático en Guatemala- Documento técnico 2018*, LC/MEX/TS.2018/13, Ciudad de México.

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

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

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

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

Publicación de las Naciones Unidas

LC/MEX/TS.2018/13

Distribución Limitada

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

Impreso en Naciones Unidas, Ciudad de México • 2018-19

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

Fotografía de portada: MARN



LA ECONOMÍA DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN GUATEMALA

DOCUMENTO TÉCNICO 2018

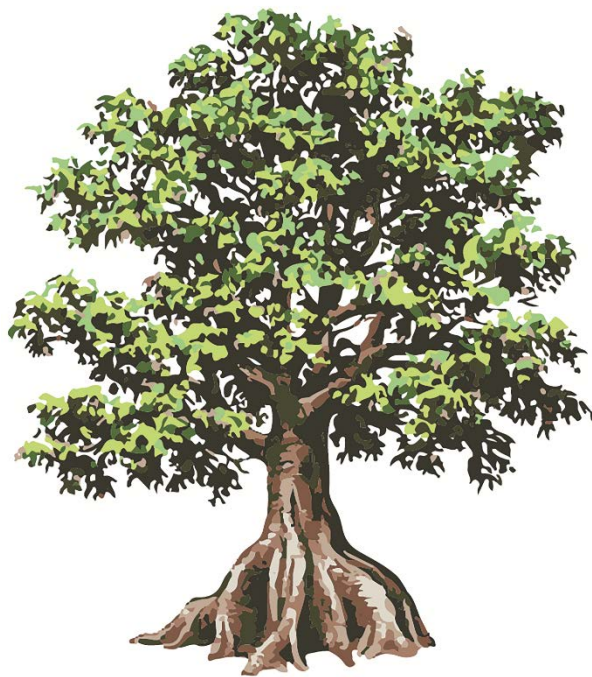


NORDIC
DEVELOPMENT
FUND



BID
Banco Interamericano
de Desarrollo





ÍNDICE

Prólogo	17
Mensajes clave	18
Resumen.....	35
Introducción	37
I. Escenarios de referencia	40
A. Escenarios macroeconómicos	40
B. Escenarios demográficos.....	43
C. Escenarios del PIB por habitante.....	45
D. Escenarios de cambio de uso de tierra.....	47
E. Escenarios de consumo de energía.....	51
II. Escenarios climáticos	57
A. Temperatura.....	60
B: Precipitación	75
C. Variabilidad climática y eventos extremos	88
D. Aridez y meses secos	93
III. Impactos potenciales en recursos hídricos e hidroelectricidad.....	107
A. Recursos hídricos.....	107
B. Hidroelectricidad	120
IV. Impactos potenciales en agricultura: granos básicos y café, seguridad alimentaria y aseguramiento.....	133
A. Panorama del sector agrícola.....	133
B. Maíz	136
C. Frijol.....	145
D. Arroz	153
E. Café	163
F. Seguridad alimentaria y nutricional.....	179
G. Aseguramiento del sector agropecuario	183
H. Situación de los seguros agropecuarios	188
I. Seguro indexado contra sequías	189

V. Impactos potenciales en ecosistemas.....	195
A. Índice de biodiversidad potencial (IBP).....	196
B. Zonas de vida de Holdridge.....	204
VI. Impactos potenciales en enfermedades sensibles al clima	218
A. Efectos en la salud por cambios en la disponibilidad de alimentos.....	221
B. Enfermedades diarreicas agudas	222
C. Dengue	223
D. Malaria	224
E. Enfermedad de Chagas	224
F. Leishmaniasis.....	226
G. Zika.....	226
H. Chikunguña	227
VII. Escenarios de emisiones de gases de efecto invernadero.....	230
A. Inventarios de emisiones en Guatemala	230
B. Escenarios prospectivos de acervos de carbono a 2100	238
C. Escenarios prospectivos de emisiones de GEI a 2100.....	239
VIII. Escenario de costos económicos	245
Conclusiones	249
Bibliografía	255
Abreviaciones y acrónimos	264

CUADROS

Cuadro I.1	Guatemala: tasas de variación del PIB, 1950-2016.....	41
Cuadro I.2	Guatemala: escenarios de la tasa de variación del PIB, 2008-2100.....	43
Cuadro I.3	Guatemala: tasas de crecimiento de la población, 1960-2016	43
Cuadro I.5	Guatemala: PIB por habitante con escenario macroeconómico base, 2005-2100	47
Cuadro I.6	Guatemala: evolución del cambio de uso de tierra, 2005-2100.....	49
Cuadro I.7	Guatemala: tasas de crecimiento de la demanda de energía, escenario base 2010-2100	54
Cuadro I.8	Guatemala: demanda total de energía, hidrocarburos y electricidad, 2010-2100	54
Cuadro I.9	Guatemala: demanda de energía eléctrica por sector, escenario base en 2100	55
Cuadro II.1	Guatemala: temperatura media anual, promedio por décadas, 1960-2000	60
Cuadro II.2	Guatemala: temperatura media mensual histórica y escenario B2, con cortes a 2020, 2030, 2050 y 2100	65
Cuadro II.3	Guatemala: temperatura media mensual histórica y escenario A2 con cortes a 2020, 2030, 2050 y 2100	65
Cuadro II.4	Guatemala: temperatura media anual por departamento, histórica y escenarios B2 y A2 a 2100.....	72

Cuadro II.5	Guatemala: precipitación acumulada anual, promedio por décadas, 1960-2000.....	75
Cuadro II.6	Guatemala: precipitación mensual histórica y escenario B2 con cortes a 2020, 2030, 2050 y 2100	78
Cuadro II.7	Guatemala: precipitación mensual histórica y escenario A2 con cortes a 2020, 2030, 2050 y 2100	79
Cuadro II.8	Guatemala: precipitación media anual por departamento, histórica y escenarios B2 y A2 a 2100	85
Cuadro II.9	Guatemala: monitor de vulnerabilidad climática, nivel de vulnerabilidad 2010 Y 2030.....	89
Cuadro II.10	Guatemala: índice de aridez por departamento, promedio 1950-2000, escenarios B2 y A2 a 2100	94
Cuadro III.1	Guatemala: disponibilidad, extracción, intensidad de uso de agua y uso de agua por sector	108
Cuadro III.2	Guatemala: cobertura y tarifas del servicio de agua municipal, 2008.....	109
Cuadro III.3	Guatemala: indicadores agropecuarios y de riego.....	110
Cuadro III.4	Guatemala: disponibilidad de agua neta y proyecciones de clima en escenarios B2 y A2, 2000, 2050 y 2100	111
Cuadro III.5	Guatemala: evolución de la disponibilidad total de agua renovable, escenarios base, B2 y A2, 2000-2100	111
Cuadro III.6	Guatemala: reducción de la disponibilidad de agua por habitante, escenarios base, B2 y A2, 2005 y 2100	114
Cuadro III.7	Guatemala: evolución de la demanda de agua total, municipal, agrícola e industrial, con escenarios base, B2 y A2, 2000-2100.....	115
Cuadro III.8	Guatemala: evolución del índice de intensidad de uso del agua con escenarios base, B2 y A2, 2000-2100	117
Cuadro III.9	Guatemala: tarifas empleadas en el estudio.....	117
Cuadro III.10	Guatemala: estimación inicial del costo acumulado del impacto de cambio climático (escenario B2) en los recursos hídricos A 2100	119
Cuadro III.11	Guatemala: modelo de temperatura y resultados de simulaciones de la cuenca del río Chixoy, escenarios B2 y A2, 2020 a 2100	127
Cuadro III.12	Guatemala: pérdidas por evaporación del embalse Chixoy, escenarios B2 y A2, 2020 a 2100	127
Cuadro III.13	Guatemala: generación de energía de la planta Chixoy, escenarios B2 y A2, 2020 a 2100	128
Cuadro III.14	Guatemala: valores climáticos y aportaciones en el aprovechamiento analizado en función del cambio climático	128
Cuadro III.15	Guatemala: potencia firme y producción hidroeléctrica anual de la central hidroeléctrica Chixoy, 1990 y escenarios de cambio climático 2010-2090.....	129
Cuadro III.16	Guatemala: variación de producción y potencia en firme del aprovechamiento Chixoy derivada de la ejecución de Serchil, 1990 y escenario A2, 2010, 2030 y 2050	129
Cuadro III.17	Guatemala: resultados para el estudio del aprovechamiento Chixoy con y sin medidas de adaptación.....	130

Cuadro IV.1	Guatemala: producción de maíz por departamento, promedio anual 2001-2009.....	138
Cuadro IV.2	Guatemala: rendimiento de maíz por departamento, promedio anual 2001-2009, escenarios B2 y A2 con cortes a 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100	140
Cuadro IV.3	Guatemala: producción de frijol por departamento, promedio anual 2001-2009	147
Cuadro IV.4	Guatemala: rendimientos de frijol por departamento, promedio anual 2001-2009, escenarios B2 y A2 con cortes a 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100	148
Cuadro IV.5	Guatemala: producción de arroz por departamento, promedio anual 2001-2009	155
Cuadro IV.6	Guatemala: rendimiento de arroz por departamento, promedio anual 2001-2009, escenarios B2 y A2 con cortes a 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100	156
Cuadro IV.7	Guatemala: producción de café por departamento, promedio anual 2001-2009	170
Cuadro IV.8	Guatemala: rendimiento de café por departamento, promedio anual 2001-2009, escenarios B2 y A2 con cortes a 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100	172
Cuadro IV.9	Guatemala: evolución de los rendimientos de granos básicos y café en escenarios B2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100	177
Cuadro IV.10	Guatemala: prevalencia de la subnutrición, 1990-2016	179
Cuadro IV.11	Guatemala: proporción promedio que aportan los granos básicos al suministro de energía, proteína y grasas de los alimentos, 2000 y 2013	182
Cuadro IV.12	Guatemala: índice de riesgos climáticos de German Watch, 1997-2016.....	184
Cuadro IV.13	Guatemala: impacto registrado debido a eventos climáticos, 2009-2014.....	186
Cuadro IV.14	Guatemala: primas netas retenidas del mercado de seguros agropecuarios	188
Cuadro IV.15	Guatemala: seguros canalizados a través de GuateInvierte	188
Cuadro IV.16	Guatemala: resultados del seguro agropecuario de índice contra sequías, nivel macro	191
Cuadro V.1	Guatemala: evolución del índice de biodiversidad potencial, escenarios base, B2 y A2, 2005 a 2100.....	198
Cuadro V.2	Guatemala: evolución del índice de biodiversidad potencial, escenario base, B2 y A2 por departamentos a 2100	199
Cuadro V.3	Guatemala: estimado de valores directos registrados de los servicios de la biodiversidad	203
Cuadro V.4	Guatemala: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático en la biodiversidad con costos directos e indirectos, 2100	204
Cuadro V.5	Guatemala: superficie de zonas de vida de Holdridge	206
Cuadro V.6	Guatemala: superficie de zonas de vida de Holdridge, base 2005, con cambio de uso de tierra y escenarios a 2100	207
Cuadro V.7	Valor promedio de los servicios ecosistémicos de las zonas de vida en bosques tropicales	213
Cuadro V.8	Valor promedio de cuatro tipos de servicios ecosistémicos y su total de las zonas de vida en bosques tropicales	213
Cuadro V.9	Guatemala: estimación inicial del valor de las zonas de vida de Holdridge, 2005	214

Cuadro V.10	Guatemala: estimado inicial de las diferencias de valor en los servicios ecosistémicos por zonas de vida con respecto a 2005, con escenarios B2 y A2 a 2100	215
Cuadro VI.1	Centroamérica y Guatemala: tipo de documento	219
Cuadro VI.2	Centroamérica y Guatemala: artículos y documentos por enfermedad	220
Cuadro VI.3	Guatemala: eventos hidrometeorológicos con mayor impacto, 1998-2011.....	221
Cuadro VI.4	Guatemala: patrones de estacionalidad de enfermedades diarreicas agudas en población infantil, 1997-2007.....	222
Cuadro VI.5	Guatemala: indicadores de los principales agentes etiológicos de Leishmaniasis.....	226
Cuadro VII.1	Guatemala: emisiones netas de GEI reportadas en inventarios nacionales.....	231
Cuadro VII.2	Guatemala: emisiones de GEI por sectores reportadas en inventarios nacionales, 2005.....	231
Cuadro VII.3	Guatemala: emisiones de GEI, 2000	235
Cuadro VII.4	Guatemala: supuestos del escenario base, 2008 A 2100	240
Cuadro VII.5	Guatemala: proyección de las tasas de crecimiento anual de las emisiones de CO ₂ e (sin CUT) a 2100.....	240
Cuadro VII.6	Guatemala: escenario tendencial de emisiones de CO ₂ e (sin CUT) a 2100.....	240
Cuadro VII.7	Guatemala: escenario tendencial de CO ₂ e por habitante (sin CUT) a 2100	240
Cuadro VII.8	Guatemala: tasa de crecimiento anual de la intensidad carbónica (CO ₂ e /energía) entre 2006 y 2100 requerida para mantener constantes las emisiones de GEI a nivel de 2000.....	241
Cuadro VII.9	Guatemala: estimado inicial del costo acumulado entre 2006 y 2100 de mantenerse constantes las emisiones de GEI a nivel de 2000	241
Cuadro VII.10	Guatemala: proyectos bajo el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL).....	242
Cuadro VIII.1	Guatemala: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático en los recursos hídricos, escenarios B2 y A2, a 2100	246
Cuadro VIII.2	Guatemala: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático en la biodiversidad con costos directos e indirectos, escenarios B2 Y A2, 2100.....	246
Cuadro VIII.3	Guatemala: estimado inicial del costo acumulado por aumentos del 5% y el 10% en la intensidad de tormentas y huracanes, 2100	247
Cuadro VIII.4	Guatemala: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático, escenarios B2 y A2 en cuatro ámbitos a 2100	247
Cuadro VIII.5	Guatemala: estimado inicial del costo acumulado del cambio climático en cuatro ámbitos sin medidas de respuesta, A 2100	247

GRÁFICOS

Gráfico I.1	Guatemala: trayectoria y tasas de variación del PIB, 1971-2016	41
Gráfico I.2	Guatemala: producto interno bruto, 1970-2100	42
Gráfico I.3	Guatemala: escenarios de crecimiento del PIB con valores observados, 1970-2007 y pronóstico, 2008-2100.....	42
Gráfico I.4	Guatemala: relación de dependencia demográfica, 1950-2015.....	44

Gráfico I.5	Guatemala: relación de dependencia demográfica, niños y adultos mayores, 1950-2015.....	44
Gráfico I.6	Guatemala: población total, 1950-2100	45
Gráfico I.7	Guatemala: PIB por habitante, 1970-2016.....	46
Gráfico I.8	Guatemala: PIB por habitante, escenario base, 2015-2100.....	46
Gráfico I.9	Guatemala: evolución del cambio de uso de tierra, 2005-2100.....	48
Gráfico I.10	Guatemala: disminución de acervos de carbono bajo escenario tendencial, 2006 y 2100	51
Gráfico I.11	Guatemala: oferta total de energía primaria, 2015	51
Gráfico I.12	Guatemala: oferta y demanda total de energía, 1970-2015	52
Gráfico I.13	Guatemala: evolución del consumo final de hidrocarburos, 1970-2015	53
Gráfico I.14	Guatemala: consumo final de hidrocarburos por sectores, 2015	53
Gráfico I.15	Guatemala: evolución de demanda de hidrocarburos con escenario base, estimación 2008-2100	54
Gráfico I.16	Guatemala: evolución de la demanda de electricidad con escenario base, estimación 2008-2100	55
Gráfico II.1	Guatemala: temperatura media anual histórica, 1960-2000.....	61
Gráfico II.2	Guatemala: temperatura media anual histórica y escenarios B2 y A2 (tres modelos), 1960-2100.....	62
Gráfico II.3	Guatemala: temperatura media anual, modelos Hadley, GDFL Y Echam (escenarios B2 y A2), 2001-2100	63
Gráfico II.4	Guatemala: temperatura media anual, escenarios B2 y A2, promedio 1960-2100.....	64
Gráfico II.5	Guatemala: temperatura media mensual histórica y escenarios B2 y A2, con cortes a 2020, 2030, 2050 y 2100	66
Gráfico II.6	Guatemala: temperatura media mensual por departamento, promedio 1950-2000.....	67
Gráfico II.7	Guatemala: temperatura media mensual por región geoclimática y por departamento, promedio 1950-2000	68
Gráfico II.8	Guatemala: temperatura media mensual por departamento, escenario B2 y A2 a 2100.....	69
Gráfico II.9	Guatemala: temperatura media mensual por región geoclimática y por departamento, escenarios B2 y A2 a 2100	71
Gráfico II.10	Guatemala: precipitación acumulada anual histórica, 1960-2000.....	75
Gráfico II.11	Guatemala: precipitación acumulada anual, histórica y escenarios B2 y A2 (tres modelos), 1960-2100.....	76
Gráfico II.12	Guatemala: precipitación acumulada anual, modelos Hadley, GDFL y Echam, escenarios B2 y A2, 2001-2100.....	77
Gráfico II.13	Guatemala: precipitación acumulada anual, escenarios B2 y A2, promedio 1960-2100.....	78
Gráfico II.14	Guatemala: precipitación mensual, histórica y escenarios B2 y A2 con cortes a 2020, 2030, 2050 y 2100	80
Gráfico II.15	Guatemala: precipitación mensual por departamento, promedio 1950-2000	81

Gráfico II.16	Guatemala: precipitación mensual, por región geoclimática y por departamento, promedio 1950-2000	82
Gráfico II.17	Guatemala: precipitación mensual por departamento, escenarios B2 Y A2, A 2100.....	83
Gráfico II.18	Guatemala: precipitación mensual por región geoclimática y por departamento, escenarios B2 y A2, a 2100	84
Gráfico II.19	Guatemala: evolución temporal de los eventos extremos registrados, 1931-2015.....	90
Gráfico II.20	Guatemala: índice de aridez por región geoclimática, promedio 1950-2000.....	98
Gráfico II.21	Guatemala: índice de aridez por región geoclimática y departamento, promedio 1950-2000.....	99
Gráfico II.22	Guatemala: índice de aridez por región geoclimática, promedio 1950-2000, escenarios B2 y A2, con cortes a 2100.....	100
Gráfico II.23	Guatemala: índice de aridez por departamento, escenarios B2 y A2 con cortes a 2100	101
Gráfico II.25	Guatemala: departamentos con meses secos por región geoclimática, promedio 1950-2000 y escenario A2, a 2100.....	102
Gráfico II.25	Guatemala: departamentos con meses secos por región geoclimática promedio 1950-2000.....	103
Gráfico II.26	Guatemala: departamentos con meses secos por región geoclimática, escenarios B2 y A2, a 2100	104
Gráfico III.1	Guatemala: evolución de la disponibilidad total de agua renovable, escenarios base, B2 y A2, 2000-2100	112
Gráfico III.2	Guatemala: disponibilidad de agua por habitante, 2005 y escenarios base, B2 y A2, 2100	113
Gráfico III.3	Guatemala: evolución de la demanda de agua total, municipal, agrícola e industrial con escenarios base, B2 y A2, 2000-2100.....	114
Gráfico III.4	Guatemala: evolución del índice de intensidad de uso del agua con escenarios base, B2 y A2, 2000-2100	116
Gráfico III.5	Guatemala: relación precipitación-altitud de la cuenca del río Chixoy, 1979-2008.....	122
Gráfico III.6	Guatemala: relación temperatura-altitud de la cuenca del río Chixoy, 1979-2008.....	122
Gráfico III.7	Guatemala: hidrogramas de la cuenca del río Chixoy, 1970-2009	123
Gráfico III.8	Guatemala: relación entre temperatura y evaporación del embalse Chixoy, 1970-2009.....	124
Gráfico III.9	Guatemala: relación mensual caudal turbinado-energía de la hidroeléctrica Chixoy, 2006 y 2007	124
Gráfico III.10	Guatemala: relación entre precipitación y altitud en la cuenca del río Chixoy, 1979-2008	125
Gráfico III.11	Guatemala: estación insivumeh, cambio de la temperatura media, escenarios B2 y A2, 1920-2100	126

Gráfico III.12	Guatemala: estación INSIVUMEH, cambio de la precipitación acumulada escenarios B2 y A2, 1920-2100.....	126
Gráfico IV.1	Guatemala: producto interno bruto total y agropecuario a precios constantes de mercado, 1990-2016.....	134
Gráfico IV.2	Guatemala: superficie de cultivos de consumo interno, tradicionales de exportación y no tradicionales, 1980-2011	134
Gráfico IV.3	Guatemala: superficie y producción de maíz, 1980-2015	137
Gráfico IV.4	Guatemala: rendimientos y producción de maíz, 1980-2015.....	137
Gráfico IV.5	Guatemala: evolución del rendimiento de maíz por departamento, promedio anual 2001-2009, escenario B2 con cortes a 2100	141
Gráfico IV.6	Guatemala: evolución del rendimiento de maíz por departamento, promedio anual 2001-2009, escenario A2 con cortes a 2100.....	142
Gráfico IV.7	Guatemala: superficie y producción de frijol, 1980-2015	145
Gráfico IV.8	Guatemala: rendimientos y producción de frijol, 1980-2015	146
Gráfico IV.9	Guatemala: evolución de los rendimientos de frijol en escenario B2, promedio 2001-2009, con cortes a 2100	149
Gráfico IV.10	Guatemala: evolución de los rendimientos de frijol en escenario A2, promedio 2001-2009, con cortes a 2100	150
Gráfico IV.11	Guatemala: superficie y producción de arroz, 1980-2015	153
Gráfico IV.12	Guatemala: rendimientos y producción de arroz, 1980-2015	154
Gráfico IV.13	Guatemala: evolución de los rendimientos de arroz en escenario B2, promedio 2001-2009, con cortes a 2100	157
Gráfico IV.14	Guatemala: evolución de los rendimientos de arroz en escenario A2, promedio 2001-2009, con cortes a 2100	158
Gráfico IV.15	Guatemala: participación de la producción de café en el pib total, agropecuario y agrícola, 1980-2016	164
Gráfico IV.16	Guatemala: precio anual pagado al productor de café, 1990-2016	165
Gráfico IV.17	Guatemala: exportaciones de café, 1980-2016.....	166
Gráfico IV.18	Guatemala: destino de las exportaciones de café, 2016	166
Gráfico IV.19	Guatemala: exportaciones mensuales de café, 2011-2015	167
Gráfico IV.20	Guatemala: superficie y producción de café oro, 1980-2015.....	169
Gráfico IV.21	Guatemala: rendimientos y producción de café oro, 1980-2015.....	169
Gráfico IV.22	Guatemala: evolución de los rendimientos de café, escenario B2, promedio 2001-2009, con cortes a 2100	173
Gráfico IV.23	Guatemala: evolución de los rendimientos de café, escenario A2, promedio 2001-2009, con cortes a 2100	174
Gráfico IV.24	Guatemala: producción neta, importaciones, exportaciones y consumo aparente de granos básicos, 1980 Y 2015	181
Gráfico IV.25	Guatemala: frecuencia y daños de principales eventos de desastres, 1900-2015.....	185
Gráfico V.1	Guatemala: evolución del índice de biodiversidad potencial, escenarios base, B2 y A2, 2005-2100	198
Gráfico V.2	Guatemala: proporción de la superficie por zona de vida de Holdridge, escenario base de CUT con cortes a 2100.....	208

Gráfico V.3	Guatemala: superficie de zonas de vida de Holdridge, escenarios base de CUT, B2 y CUT, y A2 y CUT, 2005 a 2100.....	209
Gráfico V.4	Guatemala: superficie de zona de vida de Holdridge, 2005 y escenarios base de CUT, B2 y CUT, y A2 y CUT, 2050 y 2100	210
Gráfico V.5	Guatemala: superficie por zonas de vida de Holdridge, con cortes a 2100.....	211
Gráfico V.6	Guatemala: estimación inicial del valor de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios con cortes a 2100	214
Gráfico VII.1	Guatemala: emisiones de GEI sin CUT por sector, 2005	231
Gráfico VII.2	Guatemala: emisiones brutas de GEI con CUT, por sector, 2005	233
Gráfico VII.3	Guatemala: emisiones de GEI brutas y netas, por sector, 2005	234
Gráfico VII.4	Guatemala: disminución en acervos de carbono bajo escenario tendencial, B2 y A2, 2006-2100	238

IMÁGENES

Imagen 1	La nueva llamada de los ODS frente al cambio climático.....	19
----------	---	----

MAPAS

Mapa I.1	Guatemala: escenarios de cambio de uso de tierra, 2005 (base) y 2100 (tendencial)	50
Mapa II.1	Guatemala: clasificación por región geoclimática	60
Mapa II.2	Guatemala: temperatura mensual media anual por departamento, promedio 1950-2000, escenario B2 a 2100.....	73
Mapa II.3	Guatemala: temperatura mensual media anual por departamento promedio 1950-2000, escenario A2 a 2100	74
Mapa II.4	Guatemala: precipitación media anual por departamento, promedio 1950-2000, escenario B2 a 2100	86
Mapa II.5	Guatemala: precipitación media anual por departamento, promedio 1950-2000, escenario A2 a 2100.....	87
Mapa II.6	Centroamérica: ubicación espacial de riesgos por huracanes, 1977-2006	91
Mapa II.7	Centroamérica: ubicación espacial de riesgos por deslizamientos	92
Mapa II.8	Centroamérica: ubicación espacial de sequías, 1974-2004.....	94
Mapa II.9	Guatemala: índice de aridez por departamento, promedio 1950-2000, escenarios B2 y A2 con cortes a 2100.....	96
Mapa III.1	Centroamérica y sur de México: red hídrica.....	108
Mapa III.2	Centroamérica: cuencas hidrográficas.....	109
Mapa III.3	Guatemala: área de estudio del río Chixoy	120
Mapa III.4	Guatemala: estaciones meteorológicas de la cuenca del río Chixoy.....	121
Mapa III.5	Guatemala: estaciones hidrométricas de la cuenca del río Chixoy.....	121
Mapa IV.1	Guatemala: producción de maíz por departamento, promedio anual 2001-2009	138
Mapa IV.2	Guatemala: rendimiento de maíz por departamento, promedio anual 2001-2009, escenario B2 a 2100	143

Mapa IV.3	Guatemala: rendimiento de maíz por departamento, promedio anual 2001-2009, escenario A2 a 2100	144
Mapa IV.4	Guatemala: producción de frijol por departamento, promedio anual 2001-2009.....	148
Mapa IV.5	Guatemala: rendimiento de frijol por departamento promedio anual 2001-2009, escenario B2 a 2100	151
Mapa IV.6	Guatemala: rendimiento de frijol por departamento promedio anual 2001-2009, escenario A2 a 2100	152
Mapa IV.7	Guatemala: producción de arroz por departamento, promedio anual 2001-2009.....	154
Mapa IV.8	Guatemala: rendimiento de arroz por departamento, promedio anual 2001-2009, escenario B2 a 2100	159
Mapa IV.9	Guatemala: rendimiento de arroz por departamento, promedio anual 2001-2009, escenario A2 a 2100	160
Mapa IV.10	Guatemala: producción de café por departamento, promedio anual 2001-2009.....	170
Mapa IV.11	Guatemala: rendimiento de café por departamento, promedio anual 2001-2009, escenario B2 a 2100	175
Mapa IV.12	Guatemala: rendimiento de café por departamento, promedio anual 2001-2009, escenario A2 a 2100	176
Mapa IV.13	Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua y Haití: áreas de principal preocupación en materia de inseguridad alimentaria aguda	182
Mapa IV.14	Guatemala: red meteorológica nacional de estaciones convencionales activas, 2012	187
Mapa IV.15	Guatemala: humedad del suelo, 2018	187
Mapa V.1	Guatemala: índice de biodiversidad potencial, 2005	197
Mapa V.2	Guatemala: evolución del índice de biodiversidad potencial, 2005 y escenario base con cortes a 2100	200
Mapa V.3	Guatemala: evolución del índice de biodiversidad potencial, 2005 y escenario B2 con cortes a 2100	201
Mapa V.4	Guatemala: evolución del índice de biodiversidad potencial, 2005 y escenario A2 con cortes a 2100.....	202
Mapa V.5	Centroamérica: zonas de vida de Holdridge, 2005	206
Mapa V.6	Centroamérica: zonas de vida de Holdridge con cambio de uso de tierra y escenario A2, con cortes a 2100.....	212
Mapa VI.1	América Latina y el Caribe: brotes activos de dengue, 2009	223
Mapa VI.2	América Latina y el Caribe: distribución de la malaria, 2008.....	224
Mapa VI.3	Centroamérica: distribución endémica de los principales vectores de Chagas, 2004.....	225
Mapa VI.4	Guatemala: casos sospechados y confirmados de Zika, semana epidemiológica 1 a la 38 de 2016.....	227

DIAGRAMAS

Diagrama 1	Adaptación incluyente y sostenible	30
Diagrama 2	Adaptación incluyente y sostenible y ODS.....	31
Diagrama I.1	Esquema metodológico de modelaje de uso de tierra mediante el modelo CLUE-S	47
Diagrama II.1	Fuentes de información y periodos de la climatología.....	57
Diagrama II.2	Modelos y escenarios empleados de los pronósticos a 2100.....	58
Diagrama II.3	Escenario de emisiones de gei y proyección de las temperaturas en superficie	59
Diagrama IV.1	Guatemala: problemática de los seguros agropecuarios.....	190
Diagrama IV.2	Guatemala: marco institucional con pool de aseguradoras.....	192
Diagrama V.1	Zonas de vida de Holdridge	205
Diagrama VI.1	Vías por las que el cambio climático afecta la salud humana.....	219
Diagrama VI.2	Estrategias de investigación para artículos indexados.....	220
Diagrama VII.1	Escenarios de mitigación con base en el modelo IPAT	239

RECUADROS

Recuadro II.1	Recomendaciones para enfrentar el cambio climático	105
Recuadro III.1	Recomendaciones para la adaptación en el uso incluyente y sostenible de los recursos hídricos.....	117
Recuadro III.2	Recomendaciones para la adaptación de generación hidroeléctrica	131
Recuadro IV.1	Guatemala: políticas nacionales agropecuarias.....	135
Recuadro IV.2	Recomendaciones para la agricultura y los granos básicos frente al cambio climático	161
Recuadro IV.3	Guatemala: política nacional del café	167
Recuadro IV.4	Recomendaciones para la producción de café frente al cambio climático.....	177
Recuadro IV.5	Microseguros, estrategias para la prevención de riesgos en el sector agropecuario	192
Recuadro V.1	Recomendaciones para la adaptación de ecosistemas boscosos al cambio climático	216
Recuadro VI.1	Recomendaciones para el análisis de enfermedades sensibles al clima.....	228
Recuadro VII.1	Guatemala: inventarios nacionales de emisiones de gases de efecto invernadero	232
Recuadro VII.2	Contribución prevista y determinada a nivel nacional (INDC)	235
Recuadro VII.3	Recomendaciones para garantizar la seguridad y sostenibilidad de la matriz energética y mejorar la eficiencia energética.....	243

PRÓLOGO

A partir de 2008, la CEPAL ha colaborado con el Gobierno de Guatemala en la iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica (ECC CA) con el propósito de evidenciar los impactos de la variabilidad y el cambio climático y propiciar la discusión sobre políticas públicas en sectores clave. La iniciativa ha sido liderada por los Ministerios de Ambiente y de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, y en los últimos años se han sumado los ministerios de agricultura y salud. Esta colaboración se realiza a nivel de país, en función de sus propias prioridades, y a nivel de los Consejos Ministeriales del SICA.

Los análisis multisectoriales realizados con la colaboración de equipos técnicos de funcionarios y expertos de la región han resaltado la alta vulnerabilidad al cambio climático de la región centroamericana y de Guatemala en particular. Las discusiones realizadas entre socios sobre las respuestas de políticas públicas generaron propuestas para priorizar la adaptación al cambio climático, con cobeneficios explícitos para la sostenibilidad y la inclusión social, y para coordinar programas de reducción de la vulnerabilidad y la pobreza. En este marco de prioridades, se propone transitar a economías ambientalmente sostenibles y bajas en emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI). El cambio climático requiere prestar mayor atención a bienes y servicios públicos e intergeneracionales como el clima, los recursos hídricos, los ecosistemas, la seguridad alimentaria y nutricional, la seguridad energética y el transporte público. Debido al efecto multisectorial de este fenómeno y a la necesidad de una mayor articulación entre instituciones en la respuesta, los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030 proporcionan un marco valioso de trabajo.

Durante estos años hemos sido testigos y partícipes en el desarrollo de instrumentos de política pública tanto regionales como nacionales para afrontar los efectos del cambio climático, así como de la contribución de los países de la región a la agenda internacional, especialmente en el establecimiento de la institucionalidad de la adaptación, de las pérdidas y daños asociados al cambio climático y del Fondo Verde del Clima en el marco de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC). Valoramos los esfuerzos del Gobierno de Guatemala, especialmente su perspectiva de ponerle un “rostro humano” a la respuesta a esta amenaza y las acciones realizadas para mejorar la calidad de vida de la población que vive en pobreza con medidas prácticas, como la promoción de estufas mejoradas, que traen cobeneficios para la salud humana y reducen la quema de leña, lo que a su vez disminuye la tala de recursos forestales. Además, Guatemala ha presentado su propuesta de contribución al esfuerzo internacional (INDC) y ha ratificado su participación en el Acuerdo de París.

Ahora, el reto a nivel nacional para todos los países es implementar respuestas que articulen acciones entre sectores e involucren a todos los actores de la sociedad. El reto a nivel global es cerrar las brechas significativas de reducción de emisiones y lograr el apoyo internacional necesario para implementar respuestas enfocadas en la adaptación sostenible e incluyente en los países en vías de desarrollo y las poblaciones que viven en la pobreza. La escasa ventana de oportunidad que tenemos, tanto a nivel nacional como a nivel global, requiere redoblar esfuerzos, para lo cual reiteramos nuestro compromiso de seguir colaborando con nuestros socios centroamericanos.

Hugo Eduardo Beteta

Director

Sede Subregional de la CEPAL en México

MENSAJES CLAVE

Guatemala está situada en el istmo centroamericano con costas en el Océano Pacífico y en el Atlántico pertenecientes a la cuenca del Caribe. El país es afectado recurrentemente por sequías, tormentas y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS). El cambio climático está agudizando las vulnerabilidades socioeconómicas de su población e incidirá cada vez más en sus condiciones de vida, pues los factores dependientes del clima son decisivos para las actividades productivas importantes del país como la agricultura, la dotación de agua y la generación de hidroelectricidad, entre otras.

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) define la vulnerabilidad como "el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos adversos del cambio climático y, en particular, la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad dependerá del carácter, magnitud y rapidez del cambio climático a que esté expuesto un sistema, y de su sensibilidad y capacidad de adaptación" (2004). La combinación de factores de vulnerabilidad con los de exposición y la probabilidad de amenazas conforman el riesgo, mismo que constituye un reto adicional para los esfuerzos de desarrollo.

Son varios los índices que evalúan a Guatemala como muy vulnerable ante los efectos del cambio climático. El índice de riesgo climático global de la organización German Watch señala que Guatemala ocupó la posición 11 de 183 países en el período 1997-2016, donde los primeros lugares en la clasificación son los más afectados. Este índice considera eventos como tormentas, inundaciones, temperaturas extremas, olas de calor y frío (Kreft y otros, 2017). El índice del Monitor de Vulnerabilidad Climática de DARA (2012) ubicó a Guatemala en un nivel de vulnerabilidad "moderado" en 2010, y lo proyecta como "agudo" para 2030, el mayor grado de vulnerabilidad calificado por este índice. El Índice Global de Adaptación de la Universidad de Notre Dame, que mide la vulnerabilidad y la preparación de los países frente al cambio climático, clasificó a Guatemala con una vulnerabilidad muy alta y una preparación muy baja en 2014, ubicándolo en el lugar 116 de 180 países (ND-GAIN, 2016).

El Quinto Reporte del IPCC informó sobre un amplio rango de efectos climáticos en Centroamérica que incluyen aumentos de temperatura y del nivel del mar, blanqueamiento de corales, eventos extremos, mayor irregularidad e intensidad de la temporada de lluvias. Igualmente, el reporte consideró escenarios de condiciones hidrológicas, producción de alimentos, seguridad alimentaria, hidroelectricidad y salud (Magrin y otros, 2014).

Hay una tendencia a pensar que el cambio climático afectará a los países en un futuro lejano. La presión de los rezagos sociales y económicos y las restricciones presupuestarias de Guatemala podrían ser esgrimidas como argumentos para posponer las medidas necesarias. Pero los crecientes impactos de eventos extremos como la tormenta tropical Agatha que afectó al sur del país en 2010 y las intensas sequías de 2009, 2014 y 2015, han evidenciado la necesidad de romper el círculo vicioso de reproducción de las vulnerabilidades, así como el efecto acumulativo de pérdidas y daños. Urge tomar mayores medidas para que la reconstrucción y la inversión pública se realicen incluyendo medidas

para la reducción del riesgo de desastres con incentivos y requerimientos para la reducción de vulnerabilidades y medidas para la adaptación.

El avance del consenso internacional sobre la necesidad de transitar a modelos de desarrollo sostenible crea grandes oportunidades para enfrentar el cambio climático. Los esfuerzos de la comunidad internacional durante varias décadas, cuyos hitos son la Cumbre de la Tierra de 1992 y la Conferencia sobre el Desarrollo Sostenible Río+20 de 2012, se han cristalizado en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), cuyo propósito es orientar las acciones de desarrollo de los países al 2030. Dos de estos objetivos son acabar con la pobreza en todos lados y en todas sus formas y adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático, fortaleciendo la resiliencia y la capacidad de adaptación. Ambos objetivos son interdependientes y la agenda de los ODS es hasta ahora el mayor esfuerzo de la comunidad internacional para explicitar las estrechas relaciones de la reducción de la pobreza y la desigualdad con el desarrollo sostenible y la respuesta al cambio climático (CEPAL, 2016).

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



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

El Acuerdo de París de la COP21 generó un marco en el que todos los países pueden contribuir a disminuir las emisiones de GEI bajo el principio de responsabilidades compartidas pero diferenciadas, de acuerdo con las circunstancias de cada país. El objetivo general de este acuerdo es disminuir drásticamente las emisiones de GEI para mantener el alza de temperatura debajo de 2 °C, e instar a la realización de esfuerzos para limitarla a 1.5 °C. No obstante, la suma de las contribuciones nacionales (INDC) comprometidas es muy inferior a la requerida para la meta de 2 °C, según estimaciones del Secretariado de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC).

La trayectoria estimada de esta suma de esfuerzos a partir de abril de 2016 no lograría revertir la tendencia de aumento de las emisiones globales, que sumarían aproximadamente 55 GT CO_{2e} en 2030, contra la necesidad de reducirlas a 40 GT CO_{2e}. Adicionalmente, algunos compromisos

nacionales de reducción están condicionados. Por lo tanto, será indispensable aumentar los esfuerzos para lograr las metas buscadas. El Acuerdo de París llama también a incrementar la capacidad de adaptación y evitar, minimizar y responder a pérdidas y daños por cambio climático, aunque no exista la base legal para compensaciones ni responsabilidades. Finalmente, el acuerdo plantea que se deben lograr flujos financieros consistentes con estas metas y que se manifieste el liderazgo de los países desarrollados.

Se requiere un “gran impulso ambiental” para la igualdad y la sostenibilidad, apoyado en políticas públicas coordinadas que desvinculen el desarrollo económico de externalidades ambientales y mejoren la vida de la población con bienes y servicios públicos de calidad y mayor cobertura. Los países miembros de la CEPAL aprobaron este planteamiento en su trigésimo sexto período de sesiones (CEPAL, 2016).

La coyuntura de cambios estructurales en la economía global y la agenda de los ODS crean una valiosa oportunidad para revisar a fondo la especialización productiva de la economía de Guatemala. Esto implica reconsiderar sus formas de inserción en los mercados internacionales, las cadenas de producción y comercio intrarregional, la dependencia creciente del consumo de hidrocarburos con sus costos de importación, la contaminación y sus efectos en la salud pública, los problemas de consumo como la doble carga de malnutrición (subnutrición y obesidad), así como la degradación de los bosques y otros ecosistemas que proveen o podrían proveer múltiples productos y servicios a la población humana.

La CEPAL ha colaborado en la iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica (ECC CA) desde 2008 con el propósito de estimar y evidenciar los impactos de la variabilidad y del cambio climático, y propiciar la discusión sobre políticas públicas en sectores clave. La iniciativa ha sido encabezada por los Ministerios de Ambiente y de Hacienda o Finanzas de los gobiernos de la región con apoyo de sus Consejos de Ministros (CCAD y COSEFIN) y de la SIECA. A esta iniciativa se han sumado los ministerios de agricultura y salud con sus Consejos de Ministros (CAC y COMISCA). La República Dominicana se integró a este esfuerzo en 2014.

Esta publicación es un resumen de los análisis de impactos potenciales del cambio climático y de las discusiones sobre opciones de políticas públicas en Guatemala generadas en el marco de la iniciativa ECC CA. Se incluyen los modelos y escenarios de crecimiento económico y poblacional, cambio de uso de tierra (CUT) y consumo de energía según la información histórica disponible. Las variables demográficas se tomaron directamente de la División de Población de CEPAL (CELADE).

A partir de los modelos macroeconómicos se estima que el PIB total de Guatemala podría crecer a una tasa anual del 3,2% en el período 2008-2100 en el escenario base. La población alcanzaría su máximo en 2083 con 27 millones de personas para luego comenzar a disminuir. El PIB por habitante podría llegar a 3.200 dólares en 2050 y a 13.220 dólares en 2100 (dólares de 2000). Con respecto a la demanda de energía, se pronostica una tasa de crecimiento positiva pero decreciente en el tiempo, con una tasa promedio del 1,24% anual en el período 2010-2100. La evolución del CUT en el escenario base indica una disminución importante de la superficie de bosque hasta mediados de siglo, que se mantendría constante después. La extensión de suelo agrícola se incrementaría de forma importante hasta mediados de siglo. Estas tendencias hacia 2100 son las referencias para estimar los costos económicos de los impactos del cambio climático en el país.

Tomando los registros del clima se deduce que Guatemala ha tenido un incremento de la temperatura media de aproximadamente 0,66 °C entre las décadas de 1960 y 1990. La iniciativa de la ECC CA ha generado estimaciones de cambios de temperatura y precipitación a partir de los

escenarios climáticos del IPCC. En el escenario A2¹, que supone una continuación de la tendencia actual de emisiones globales crecientes, la temperatura de Guatemala podría aumentar 0,6 °C en 2030, 1,4 °C en 2050 y hasta 4,9 °C en 2100 con respecto al promedio de 1960-2000². La temperatura media anual por departamento indica que las regiones Centro y Altiplano Occidental del país tendrían los mayores aumentos, superiores a 4,7 °C en 2100, siendo Quiché y Baja Verapaz los departamentos con mayores incrementos. En los departamentos Izabal y Zacapa de las regiones Atlántico y Pacífico, el nivel de temperatura promedio sería mayor a 30 °C³.

La posible trayectoria futura de los niveles de precipitación es más incierta. En el escenario A2 se prevé una disminución de 6,1% a 2030, de 17% a 2050 y de 28% a 2100 con respecto al promedio del período histórico 1960-2000, que fue de 2.723 mm. Los departamentos con mayor reducción de precipitación en los cortes 2030, 2050 y 2100 serían los de la región Atlántico, es decir, Zacapa, El Progreso y Chiquimula, con reducciones del 54% al 59% en 2100. Los departamentos de Retalhuleu y Petén experimentarían una reducción menor.

De acuerdo con los registros de precipitación mensual del período 1980-2000, Guatemala tiene una temporada de lluvias de mayo a noviembre, con la canícula en agosto, y una temporada seca de diciembre a abril. En el escenario A2, este patrón se mantendría hasta mediados de siglo. Después ocurriría un cambio notable con el posible atraso de la temporada de lluvias y una reducción de hasta el 64% de la precipitación en julio hacia finales del siglo. La precipitación en septiembre y octubre podría aumentar. Tomando en cuenta estas proyecciones en los escenarios base, A2 y B2, se realizaron estudios por sectores y por ámbitos expuestos a los efectos del cambio climático. A continuación, se presenta un resumen de los resultados.

Eventos extremos. La información del período 1977-2006 (PNUMA, PNUD, EIRD y BM, 2010) indica que los territorios más expuestos a los huracanes en Guatemala se ubican en la costa del Caribe. Los huracanes provocan temporales que ocasionan inundaciones en zonas más amplias que las afectadas directamente por los eventos. La base de datos internacional sobre desastres (EM-DAT, por sus siglas en inglés) registró 61 eventos hidrometeorológicos extremos en Guatemala en el período 1931-2015; los más recurrentes han sido inundaciones y tormentas. Durante el período 1966-1990 se registraron ocho eventos extremos, y en el período 1991-2015 se han registrado 52, lo que representa un incremento de 150%. Otro dato importante es el aumento de la intensidad de los eventos extremos. En una revisión de la literatura científica, la iniciativa ECC CA encontró que la intensidad de huracanes podría aumentar entre un 5% y un 10% durante este siglo con respecto a los registrados entre 1970 y 2008 en el Atlántico Norte.

La necesidad de adaptación a la mayor incidencia de lluvias intensas y sequías es importante para Guatemala. Ya en el Cuarto Reporte del IPCC (2007) se reportaba que la frecuencia de lluvias intensas había aumentado en la mayoría de las masas de tierra, consistente con el calentamiento global y los aumentos de vapor del agua. También se reportó la certidumbre mediana de que las influencias

¹ El escenario A2 supone un mundo muy heterogéneo, autosuficiente y con conservación de las entidades locales, con un desarrollo económico orientado a las regiones; el crecimiento económico por habitante y el cambio tecnológico están más fragmentados y son más lentos que en otras líneas evolutivas (IPCC, 2000). Este es el escenario de cambio climático más extremo a 2100 de los usados en este estudio.

² La información de temperatura media y precipitación nacional es de la base de datos internacional del CRU TS3.0 (UEA, 2010). En la climatología de referencia del período 1960-2000, la temperatura media de Guatemala es de 23,5 °C.

³ La información de temperatura media anual y precipitación por departamento fue obtenida de la base internacional del WorldClim (Hijmans y otros, 2005) cuya climatología del período 1950-2000 estima que los departamentos Zacapa (26,6 °C), Izabal (26,5 °C), Suchitepéquez (25,8 °C), Escuintla (25,7 °C) y Retalhuleu (25,6 °C) llegarían a 31,5 °C, 31,2 °C, 30,3 °C, 30,2 °C y 30,0 °C, respectivamente, en el corte 2100 en el escenario A2.

antropogénicas han contribuido a la intensificación de la precipitación extrema a escala global y a la intensificación de las sequías en algunas zonas, incluyendo Centroamérica, debido a reducciones de la lluvia o aumentos de la evapotranspiración. El reporte advierte que las sequías y los deslaves pueden ser resultado de eventos acumulados que individualmente no son tan extremos (IPCC, 2007b; IPCC, 2011).

Aridez y meses secos. La aridez es una condición climática relativamente estable que depende de la evaporación del agua de lluvia, ríos y lagos y de la transpiración de las plantas, fenómeno relacionado con la temperatura entre otros factores. La estimación basada en datos históricos de 1950 a 2000 arroja que Guatemala tiene un índice de aridez promedio de 1,69, lo que clasifica al país como región húmeda según la escala internacional. En este índice la cifra menor indica mayor aridez. En el escenario A2 el índice disminuiría a 1,47 en 2030, a 1,42 en 2050 y a 1,20 en 2100. No obstante, el país presenta una variación de aridez en las diferentes regiones. Históricamente, el departamento menos árido ha sido Quetzaltenango (2,46) y el más árido Zacapa (1,05). Hacia 2100 los departamentos más áridos serían El Progreso, Izabal, Zacapa y Jalapa y los departamentos con mayor reducción en su índice de aridez serían Huehuetenango, Quetzaltenango y Quiché.

Una variable complementaria para analizar los cambios de precipitación y temperatura es el comportamiento de los meses secos, aquellos con precipitación menor al 50% de la evapotranspiración en un área determinada (CAZALAC y PHI/UNESCO, 2005). En la Región Atlántico en el período histórico 1950-2000 los meses secos son de noviembre hasta abril, exceptuando Izabal, que no registra meses secos. En la región Pacífico los meses secos son de diciembre a marzo, salvo en Santa Rosa, donde empiezan en noviembre. En la región Centro los meses secos de los departamentos Guatemala y Jalapa son de noviembre hasta abril, y en Baja Verapaz son de diciembre a marzo. Alta Verapaz no registra meses secos. En la región del Altiplano, el departamento de Huehuetenango tampoco tiene mes seco.

En el escenario A2, Guatemala y Jalapa pasarían de seis a cinco meses secos, y Zacapa, San Marcos, Sololá y Chimaltenango tendrían un mes seco adicional mientras que Huehuetenango tendría dos meses secos más hacia 2030. Hacia finales del siglo, los meses secos de Huehuetenango serían aun dos más, llegando a tres. Solo en Escuintla, Retalhuleu y Suchitepéquez de la región Centro, Guatemala del Centro y Quetzaltenango y Sacatepéquez del Altiplano Occidental tendrían los mismos meses secos que en el período histórico, Santa Rosa uno menos y el resto de los departamentos tendría un mes seco más.

En Guatemala es de suma importancia intensificar acciones para prevenir y reducir los riesgos climáticos a corto plazo y fortalecer la capacidad de adaptación. No se trata solamente de blindar infraestructura “gris”, sino de proteger y restaurar los ecosistemas y los servicios que estos brindan a la sociedad, así como prever la generación de cobeneficios sociales y ambientales en el diseño de infraestructura. Implica también fortalecer las medidas para reducir los impactos potenciales del cambio climático en la agricultura, el consumo de agua, la salud y la hidroelectricidad. A fin de contar con la información necesaria para diseñar sistemas de alerta, políticas, instrumentos nacionales y medidas locales, el país se beneficiaría de la expansión de la red de estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas y formar más profesionales y técnicos en climatología e hidrología.

Recursos hídricos. Guatemala es un país privilegiado en disponibilidad de agua, 12.197 m³ anuales por habitante, el doble del promedio mundial, si bien desigual en el tiempo por los períodos de lluvia y sequía y por la variación de la demanda de los asentamientos humanos densos, el desarrollo industrial y la producción agrícola de riego. Con el aumento de la población, la demanda de agua podría crecer un 140% en 2030, un 324% en 2050 y hasta un 1.667% al final del siglo en el escenario

base sin cambio climático. En el escenario A2 estas reducciones podrían llegar al 184%, al 406% y al 2.119% en los mismos cortes de tiempo. En este mismo escenario, la disponibilidad total de agua renovable en Guatemala podría disminuir un 25% en 2030, un 31% en 2050 y un 62% en 2100 con respecto a 2000. La disponibilidad de agua por habitante podría pasar de 12.197 m³ anuales por habitante a 1.467 m³ anuales por habitante hacia 2100.

La combinación de cambios en la demanda y en la disponibilidad de este vital recurso con cambio climático aumentaría la intensidad del uso de agua en un 8,6% en 2030, un 19,9% en 2050 y un 251% en 2100 si no se toman medidas de adaptación y ahorro. El nivel de intensidad del uso de agua de 2100 sería muy superior al umbral del 20% aceptado internacionalmente como crítico para el estrés hídrico.

La gestión adecuada de los recursos hídricos requiere manejar el agua en ciclos cerrados y definir un volumen ecológico, que es la cantidad de agua necesaria para el mantenimiento y la reproducción de los ecosistemas, la conservación de la biodiversidad, los bienes y servicios que estos proveen y las reservas hídricas superficiales y subterráneas en el presente y en el futuro. La gestión también debe implementar medidas para la mayor eficiencia del consumo de agua, incluyendo al sector agropecuario, y desarrollar un plan maestro de gestión integral de recursos hídricos con portafolios de proyectos financiables. La gestión debe orientarse también a completar la cobertura del acceso al agua potable de la población que vive en situación de pobreza e impulsar programas de saneamiento y salud pública en áreas rurales.

Hidroelectricidad. En los escenarios de cambios potenciales de temperatura, precipitación anual y patrones intranuales se prevén mayores riesgos e incertidumbre para la hidroelectricidad. El efecto combinado del alza de la temperatura y los cambios de la precipitación afectan la evapotranspiración en las cuencas, su caudal y la evaporación en los embalses hidroeléctricos. Al respecto, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) realizó el estudio Vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas de producción hidroeléctrica en Centroamérica y sus opciones de adaptación (OLADE, BID y AEA, 2013). El objetivo fue desarrollar e implementar en estudios de caso una metodología para determinar la vulnerabilidad de los sistemas de generación hidroeléctrica ante el cambio climático. De acuerdo con el estudio de la planta Chixoy de Guatemala, las proyecciones de temperatura y precipitación en la cuenca en el escenario A2 arrojaron los siguientes porcentajes de disminución de la generación eléctrica: 13% en 2030; 23% en 2050 y 63% en 2090 con respecto de la generación promedio de 1990.

En cuanto a la adaptación de la generación hidroeléctrica al cambio climático, es recomendable considerar ajustes al diseño técnico de nuevas represas, diversificar la mezcla de fuentes renovables en la matriz de energía eléctrica y generar planes de sustitución o recuperación de embalses, así como de manejo integral de cuencas y paisajes, incluyendo los bosques. Esto permitiría hacer frente a períodos de emergencia y mejoraría la eficiencia del manejo del agua. Es recomendable considerar los paisajes de las cuencas en los análisis y desarrollar estrategias con las poblaciones locales, así como tener en cuenta la mayor importancia de las represas con menor flujo o que operan al filo del agua.

Agricultura: granos básicos y café. En 2015, el sector agrícola de Guatemala aportó alrededor del 11% del PIB nacional, el 35% del empleo y el 25% del valor de las exportaciones⁴. Su tasa de crecimiento ha sido menor que la del PIB nacional, pero sigue siendo un sector clave y fuente de alimentos para la población del país. La agricultura es uno de los sectores mayormente afectados por el cambio climático debido a que el clima y sus variaciones son determinantes para el crecimiento y el desarrollo de los

⁴ Se refiere a exportaciones agroalimentarias.

cultivos. El alza de temperatura y los trastornos potenciales del ciclo hidrológico modificarán la disponibilidad de agua, las condiciones de aridez y la frecuencia y duración de las sequías. Estas condiciones son propicias para una mayor frecuencia de incendios forestales, pérdidas de producción de granos y desfases de ejecución de prácticas agrícolas como la siembra, el control de plagas y la cosecha.

De acuerdo con las estimaciones del impacto del cambio climático en la producción de granos básicos a nivel nacional en el escenario A2, los rendimientos del maíz podrían disminuir en un 7% hacia 2030, un 12% hacia 2050 y un 21% en 2100. Los departamentos de Izabal, Chiquimula, El Petén, Escuintla y Suchitepéquez podrían tener reducciones de más del 13% en sus rendimientos en 2030 y más del 50% al 2100. Los departamentos de El Quiché, Quetzaltenango, Sololá y Totonicapán podrían tener aumentos en sus rendimientos de entre 4% y 23% al 2100. Los departamentos que podrían presentar aumentos en sus rendimientos se encuentran en el Altiplano Occidental Guatemalteco, que se caracteriza por tener temperaturas promedio por debajo de 21 °C. Dichos escenarios mantienen estables los sistemas productivos y no estiman los beneficios de medidas de adaptación.

Los pronósticos de los rendimientos del frijol en los escenarios de cambio climático proyectan resultados heterogéneos de incrementos y reducciones. El rendimiento nacional medio del frijol podría disminuir en 2030 un 7%, un 9% en 2050 y un 17% en 2100. Los departamentos que podrían experimentar mayores pérdidas de rendimiento son Suchitepéquez, Izabal, Escuintla y El Petén, mientras que Totonicapán, Quetzaltenango, el Quiché, Sololá y Huehuetenango podrían tener los mayores incrementos para finales de siglo.

El rendimiento nacional medio de arroz podría disminuir en un 10% en 2030, un 19% en 2050 y un 42% en 2100 en el escenario A2. Los departamentos que podrían experimentar disminuciones mayores al 50% para finales de siglo son Chiquimula, El Petén, Escuintla, Izabal, Jutiapa, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa. El departamento de Totonicapán podría incrementar sus rendimientos a partir de 2030 y en Quetzaltenango desde 2070.

El café contribuyó con el 6,5% del valor de las exportaciones totales de bienes guatemaltecos en 2011 y es una fuente importante de ingresos para muchas familias rurales. Según el análisis de la ECC CA, los rendimientos del café a nivel nacional podrían reducirse en un 6% en 2030, un 12% en 2050 y un 36% en 2100 en el escenario A2. Los departamentos de Escuintla y Suchitepéquez experimentarían las mayores pérdidas de rendimientos a partir de 2030 hasta alcanzar reducciones de 93% y 89%, respectivamente, en 2100. El Petén tendría la mayor reducción de rendimientos (98%) hacia finales del siglo. De acuerdo con las estimaciones, gran parte de los departamentos tendrían condiciones climáticas favorables para aumentar sus rendimientos en los siguientes 20 años. Así para 2020, 18 de los 22 departamentos podrían incrementar sus rendimientos y a 2030 serían los siguientes siete departamentos: Baja Verapaz, Chimaltenango, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos y Sololá. Estos departamentos se caracterizan por tener áreas de mayor altitud y menor temperatura. Los departamentos con mayor rendimiento a 2100 serían El Quiché, Huehuetenango y Sololá.

Guatemala enfrenta retos significativos en seguridad alimentaria y nutricional ante el riesgo y el cambio climático. Su gran tradición agropecuaria es un activo importante, pero se requerirá estimular la transición a un sistema alimentario y a cadenas agroindustriales más sostenibles e incluyentes. Algunas acciones necesarias para asegurar la adaptación de la producción de granos básicos son ampliar las redes de productores, aumentar los servicios de innovación, difundir opciones de adaptación sostenible, cambiar las prácticas de cultivo, certificar los fertilizantes apropiados,

controlar la humedad y la retención del suelo, incrementar la infraestructura para almacenamiento y manejar más eficientemente los recursos hídricos, los tiempos de siembra y la postcosecha.

Igualmente se recomienda recuperar y rehabilitar tierras degradadas, promover su manejo sostenible con tecnologías apropiadas, especialmente en las áreas secas, impulsar prácticas sostenibles de producción diversificada, incluyendo la agroforestería y los sistemas agrosilvopecuarios, y fortalecer los conocimientos y las prácticas agrícolas en sistemas productivos sostenibles y rentables. Es importante incluir en las acciones de reducción de pérdidas y deshechos de los productos la protección del suelo, el reciclaje de «desechos», el desarrollo y la utilización de variedades y sistemas productivos resistentes a la variabilidad climática y la combinación de cultivos para diversificar riesgos.

En el sector cafetalero se recomienda renovar y adaptar el sector, lo que incluye usar de datos climáticos, diversificar la producción y los ingresos, elaborar planes de emergencia contra la roya, desarrollar propuestas integrales de servicios productivos y sociales, de incentivos económicos y fiscales, así como mayor inversión en infraestructura rural, fortalecer el sistema de certificación y de negociaciones comerciales y dar un mayor acceso a financiamiento. Entre las estrategias se podrían promover nuevos mecanismos de desarrollo y divulgación de conocimientos e innovaciones, fomentar la organización de productores y su mayor vinculación en redes con investigadores y técnicos de las instituciones públicas, y utilizar tecnologías de comunicación e información como telefonía móvil, mensajes radiofónicos y redes sociales.

Se recomienda elaborar pronósticos agroclimáticos, mecanismos de alerta temprana a la población sobre probables fenómenos adversos y mapas de riesgo, especialmente para micro y pequeños productores rurales, y desarrollar el mercado de seguros y microseguros agropecuarios vinculados a la transferencia de riesgos climáticos con la gestión activa de los productores y sus organizaciones. Se recomienda ampliar créditos e incentivos para la producción sostenible y adaptativa, incluyendo el uso eficiente de agua y la reducción del uso de insumos emisores altos de gases de efecto invernadero (GEI) y de otros efectos contaminantes, como los fertilizantes nitrogenados. El uso de las materias orgánicas como fuente de mejoramiento de la productividad de las tierras adquiere gran importancia para la conservación de suelos y del ambiente (FAO, 1983).

Es indispensable diversificar la producción y fortalecer las fuentes de ingreso de las familias productoras con una perspectiva de sostenibilidad y mayor valor agregado, incluyendo el pago por servicios ambientales de cuencas y bosques, cosecha de productos no maderables, bonos de reducciones de emisiones de GEI y cultivo y procesamiento de productos orgánicos para mercados verdes o solidarios internos e internacionales como el café orgánico de sombra.

Aseguramiento del sector agropecuario. Se deben considerar diversas estrategias para las fincas productivas, incluyendo políticas públicas orientadas a la reducción de los riesgos, principalmente de condiciones de cambio climático. Los seguros forman parte de tales estrategias y se canalizan a través del Fideicomiso de Desarrollo Rural GuateInvierte. En Guatemala, el monto total de las primas de seguros agropecuarios ha mantenido un comportamiento heterogéneo con incrementos y disminuciones, con un máximo de 1.283.094 dólares en 2008 y un mínimo de 531.328 dólares en 2006. Las sumas aseguradas tuvieron un máximo de 15.960.883 dólares en 2006 y en 2014 alcanzaron 8.549.699 dólares en 2014 (CEPAL y CAC/SICA, 2015). El uso de los seguros y microseguros agropecuarios sigue siendo insuficiente a pesar de los esfuerzos realizados a través de diversos proyectos.

La prevención de riesgos agropecuarios se beneficiaría de una mayor institucionalidad pública del negocio de aseguramiento, lo que requiere incluir en las leyes y reglamentos de regulación la

gestión de seguros agropecuarios que consideren los índices climáticos. Guatemala ha avanzado notablemente en su preparación para adoptar un seguro agropecuario dirigido a pequeños y medianos productores rurales. La implementación de productos de aseguramiento se verá fortalecida si el Estado cuenta con una institución responsable del diseño, legalización y comercialización de los productos de aseguramiento. En esa línea de trabajo habrá que coordinar esfuerzos con el Fideicomiso Rural GuateInvierte a fin de optimizar recursos y aprovechar las recomendaciones específicas de organismos internacionales sobre seguros indizados dirigidos a pequeños y medianos productores rurales.

Biodiversidad y ecosistemas. La deforestación, la contaminación del agua y suelo y la sobreexplotación de especies silvestres son amenazas a la biodiversidad ya existentes. El cambio climático viene a exacerbar esta situación al modificar patrones de precipitación, aumentar la temperatura y provocar eventos extremos más destructivos y frecuentes. Según la estimación del índice de biodiversidad potencial (IBP) con datos de 2005, los departamentos de Guatemala con mayor valor en biodiversidad son Quetzaltenango, Alta Verapaz, Izabal, Retalhuleu, y Escuintla. En el escenario de cambio de uso de tierra tendencial (sin cambio climático), el IBP nacional bajaría aproximadamente un 7% en 2020, un 16% en 2030, un 21% en 2050 y un 21% en 2100. Con el cambio climático, en el escenario A2, disminuiría un 17% en 2020, un 21% en 2030, un 46% en 2050 y hasta un 74% en 2100.

Los departamentos más afectados serían Jalapa y El Progreso hacia finales del siglo si siguen las tendencias actuales y no se introducen medidas de adaptación de los ecosistemas. El valor estimado de mercado de los servicios de la biodiversidad podría estar aportando 29.620.000 dólares anuales a precios de 2008 a la economía de Guatemala. En función de la limitada información disponible, la actividad económica más beneficiada por la biodiversidad es la producción agrícola orgánica, seguida del pago por servicios ambientales y la producción forestal no maderable.

Para complementar el análisis de biodiversidad se realizó un estudio sobre los bosques de Centroamérica utilizando la clasificación zonas de vida Holdridge (ZVH). Los cambios del clima y su impacto en las condiciones de las zonas de vida pueden provocar el desplazamiento de los bosques. Según este enfoque, en un escenario con CUT sin cambio climático, la superficie de cobertura natural disminuiría aproximadamente de 7,5 millones de hectáreas a 5,2 millones de hectáreas en 2030, a 4,3 millones de hectáreas en 2050 y se estabilizaría hacia el final de siglo.

No obstante, las proporciones de las seis ZVH predominantes en Guatemala no cambiarían significativamente. En el escenario A2 con CUT se estima que las condiciones climáticas serían más aptas para el bosque seco tropical, cuya superficie forestal aumentaría del 23% en 2005 al 38% en 2030, al 46% en 2050 y al 61% en 2100. El resto de las zonas de vida boscosa clasificada como húmeda tropical sufriría reducciones significativas, incluyendo el bosque húmedo tropical y el bosque húmedo montano bajo tropical. Podría desaparecer el bosque muy húmedo tropical.

La adaptación de los ecosistemas boscosos al cambio climático requiere que los servicios de regulación ambiental de Guatemala evalúen la eficiencia y sustentabilidad de las actividades económicas que los afectan e incentiven su reducción. Otra medida para facilitar la adaptación sería incrementar la superficie y las medidas de protección de las Áreas Naturales Protegidas (ANP) y de los corredores biológicos. Las medidas de conservación de los bosques y de sus beneficios económicos y sociales deberían incluir la participación de las comunidades locales y la incorporación de sus conocimientos tradicionales de preservación de la naturaleza y capacidad de adaptación de tecnología.

Se recomienda coordinar con el sector agrícola acciones de recuperación y restauración de zonas de baja productividad, reforestación de zonas dañadas y control de la extensión de la frontera agrícola. Se deben intensificar los esfuerzos de valoración económica de los ecosistemas como la

polinización, la retención de la humedad, la modulación de temperaturas locales y las barreras naturales que proveen protección ante eventos hidrometeorológicos, entre otros beneficios. Es imprescindible contar con un plan de ordenamiento territorial que vincule a las poblaciones con actividades económicas congruentes con las capacidades de los ecosistemas.

Enfermedades sensibles al clima. El incremento de la temperatura y de los eventos hidrometeorológicos extremos como inundaciones, sequías y huracanes tienen una importante incidencia en la salud pública, y sus efectos se pueden potencializar por condiciones sociales adversas como la pobreza. De esta manera, el cambio climático influye en la mayor proliferación y en los cambios de patrones de incidencia de enfermedades sensibles al clima como las diarreicas y las respiratorias agudas, dengue, malaria, mal de Chagas, leishmaniasis y las emergentes como la de zika y chikunguña.

La iniciativa de la ECC CA apoyó el proyecto “Salud y cambio climático en los países de Centroamérica y la República Dominicana: respondiendo al riesgo climático en la salud humana” y el mandato correspondiente de los ministros de salud de los países de la región de 2012. Este proyecto, implementado con la Secretaría Ejecutiva de COMISCA e instituciones técnicas como la Organización Panamericana de Salud (OPS), el Instituto de Meteorología (INSMET) de Cuba, y el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) de México, tiene el objetivo de desarrollar capacidades y proporcionar análisis y propuestas a los tomadores de decisiones sobre los riesgos inmediatos y de largo plazo de la variabilidad y el cambio climático en la incidencia de enfermedades sensibles al clima.

En sus comunicaciones nacionales ante la CMNUCC, Guatemala reporta la evaluación de los efectos de la variabilidad climática en la incidencia de infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades diarreicas agudas (EDA) y malaria en el país (Primera Comunicación Nacional, Guatemala 2001). La evaluación está basada en modelos empírico-estadísticos que describen y pronostican la evolución de tales enfermedades con índices complejos que combinan en forma lineal las variables meteorológicas relacionadas. Los resultados muestran que los largos períodos de sequía están retrasando el inicio del invierno, lo que favorece la aparición de brotes de IRA en el período de junio a julio y de EDA en septiembre y diciembre. Las EDA afectan sobre todo a infantes menores de dos años. En el caso de la malaria se reporta un desplazamiento de la parte sur a la parte norte del país en las últimas décadas. Para evaluar el impacto de la variabilidad climática en las enfermedades se usó el índice de Bultó (Ortiz y otros, 2006).

Los próximos pasos del análisis del impacto del cambio climático en la salud humana requieren considerar las implicaciones de cambios en temperatura, precipitación y estructuras demográficas en distintos escenarios, generar pronósticos de los riesgos en salud e incorporar los modelos de nicho ecológico para analizar los cambios de distribución de las especies o de los vectores que transmiten enfermedades. También es recomendable integrar variables de condiciones de vulnerabilidad social y ambiental como pobreza, inequidad, desigualdad, falta de acceso efectivo a los servicios de salud, capacidad de respuesta institucional y degradación ambiental. Del mismo modo, es importante fortalecer los sistemas de recolección y análisis de datos epidemiológicos. La investigación de los efectos del cambio climático en la salud requiere series de datos retrospectivos de 30 años por lo menos. Será necesario continuar trabajando con el grupo de análisis interdisciplinario e interinstitucional.

Emisiones de gases efecto invernadero. De acuerdo con los inventarios de 2000, Guatemala es el país con menos emisiones de GEI en Centroamérica debido a que fue uno de los países con mayor absorción del uso de suelo. En el inventario de 2005, las emisiones de CO₂e⁵ por CUT representan 27% del total

⁵ CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano) y N₂O (óxido de nitrógeno) medidas en CO₂ equivalente a 100 años.

de las emisiones brutas totales (sin absorción por CUT). El mayor generador de emisiones fue el sector energía con el 39%, le siguieron el sector agropecuario con 25%, el de procesos industriales con 5% y el de desechos con 4% de las emisiones brutas. Con respecto a las emisiones netas, las del CUT⁶ fueron negativas, es decir, las absorciones fueron mayores que las emisiones, por lo que las emisiones netas son 70% más bajas que las emisiones brutas. La intensidad de CO₂e por habitante sin cambio de uso de tierra fue de 2,7 toneladas en 2000, superior a la meta de dos toneladas por persona en 2050.

Múltiples factores influyen en el nivel de emisiones de CO₂e, como el desarrollo económico, el crecimiento demográfico, el cambio tecnológico, las fuentes de energía, las estructuras institucionales, los modelos de transporte, los estilos de vida y el comercio internacional. Con la metodología de la identidad de Kaya se obtuvieron estimaciones de las tasas de crecimiento de las emisiones de CO₂e. Para 2030 se estima una tasa de crecimiento anual del 2,2%; en 2050 la tasa bajaría al 1,9% y para 2100 bajaría al 0,5%. Entre los factores que pueden influir en una posible disminución del crecimiento de las emisiones hacia finales de siglo se encuentra la menor tasa de crecimiento de la población. Esto ocurriría es un escenario *Business as usual* (BAU) antes del establecimiento de las INDC.

Las decisiones de política nacional y estrategia regional sobre la oportunidad y el costo de reducir emisiones tendrán que tomar en cuenta la evolución de los acuerdos internacionales y otras iniciativas regionales, bilaterales o unilaterales en la materia como medidas comerciales, mecanismos de financiamiento y acceso y promoción de tecnología. Las INDC de Guatemala fueron calculadas sobre la base de las capacidades nacionales y de las condiciones de financiamiento previstas. Guatemala se propone contribuir a la mitigación del cambio climático con una reducción del 22% de las emisiones para 2030 con respecto al escenario base 2005. Los sectores considerados en este rubro son bosques, agricultura y transporte. Los gases incluidos son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Este compromiso está condicionado al apoyo internacional y a que los mecanismos de financiamiento se concreten.

La sede subregional de la CEPAL en México y el Proyecto del Estado de la Región hicieron recomendaciones para actualizar la Estrategia Energética Sustentable Centroamericana a 2030 en consonancia con los ODS y los INDC presentados a los ministros de energía. Para construir escenarios de la matriz energética que den mayor certidumbre a las reducciones de los GEI, se propone realizar una serie de estudios sobre los efectos del cambio climático en las proyecciones de generación y demanda de energía, y a su incremento o decremento en períodos de emergencia. Esto requerirá considerar la vulnerabilidad de la infraestructura energética, evaluar políticas de precios que incluyan las externalidades que influyen en el ambiente, adaptar las metas de eficiencia energética según las estimaciones de demanda de energía, evaluar la adaptabilidad al cambio climático de comunidades rurales con acceso a la electricidad y examinar las buenas prácticas de gestión de cuencas, así como su acceso a los usuarios (CEPAL y Estado de la Región, 2015).

Costos económicos. Los primeros resultados de la iniciativa ECC CA indican que el cambio climático podría tener impactos económicos negativos directos y crecientes para Guatemala. Se espera una reducción importante de rendimientos de los granos básicos, mientras que la presión sobre los recursos hídricos, las pérdidas de biodiversidad y los costos asociados a eventos extremos crecerán. Estas reducciones tendrán impacto en el ingreso, el empleo, la migración y la seguridad humana.

El costo acumulado del impacto medible del cambio climático en Guatemala podría ser del 3,3% del PIB de 2008 a valor presente neto (VPN) en el escenario B2 y del 4,3% en el escenario A2 en el

⁶ El total de emisiones netas es igual a las emisiones de GEI por sector más las emisiones de cambio de uso de tierra (por deforestación) menos las absorciones por cambio de uso de tierra (como cambio a bosques por reforestación y abandono de tierras cultivadas). El total de emisiones netas de CUT son las emisiones menos absorciones de CUT.

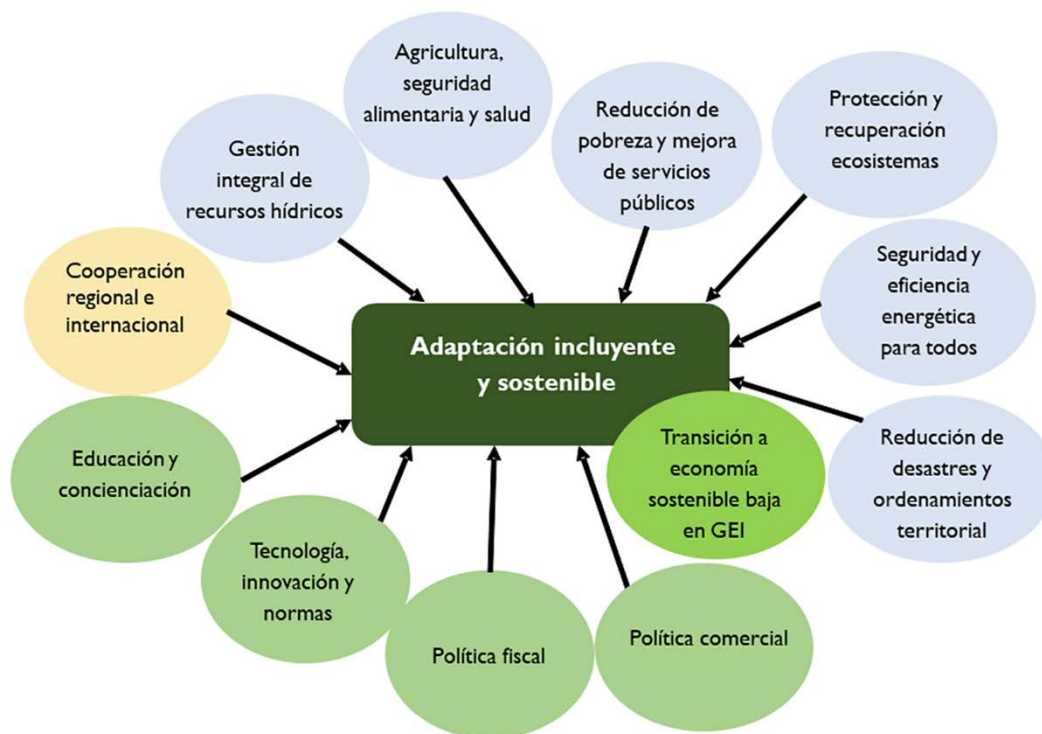
corte 2030, un 9,1% en B2 y un 11,9% en A2 en 2050, hasta llegar al 37,7% en B2 y al 63,6% en A2 a final del siglo, con base en los impactos en el sector agropecuario (valor de la producción agropecuaria), recursos hídricos (disponibilidad y consumo municipal y agrícola), biodiversidad (costos registrados económicamente e impacto indirecto en agricultura) y huracanes, tormentas e inundaciones (aumento en la intensidad sin incluir aumento en frecuencia y otros tipos de eventos extremos) y con una tasa de descuento del 0,5%. Los costos del sector hídrico empezarían a acelerarse a partir de 2030; los costos en biodiversidad y eventos extremos se acelerarían a partir de 2050, y los costos del sector agrícola se acelerarían a partir de 2070. Este análisis arroja que los costos serían significativamente mayores en un escenario de emisiones alto (escenario A2) que en uno más bajo (escenario B2). Cabe señalar que existe un alto nivel de incertidumbre en los costos estimados debido a la interacción entre las variables económicas, las condiciones del clima, las vulnerabilidades sociales y los aspectos políticos y culturales.

Por tratarse de escenarios futuros que integran diversas capas de análisis con sus respectivas incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas. En general, este tipo de análisis busca estimar los impactos potenciales en ausencia de políticas públicas y acciones de adaptación de todos los actores. Así, alertan sobre la importancia estratégica de tomar mayores medidas proactivas y precautorias de inmediato. Es importante considerar que las estimaciones realizadas en estos escenarios buscan identificar los impactos de cambios de temperatura y precipitación atribuibles al cambio climático y, por lo tanto, mantienen los valores históricos de las otras variables. Las estimaciones, pues, deben ser interpretadas como escenarios posibles si no se toman medidas de adaptación.

Otras dos consideraciones importantes son, primero, que el análisis no estima el efecto acumulado futuro de prácticas productivas que minan la sostenibilidad, como la degradación y la erosión del suelo, prácticas que podrían contribuir a reducir los rendimientos agrícolas y la generación hidroeléctrica aun sin cambio climático. Segundo, varios análisis se enfocan en los niveles regional y departamental, pero no consideran zonas de menor escala.

Adaptación sostenible e incluyente. Al considerar las circunstancias y prioridades de desarrollo de Guatemala, se propone priorizar medidas y políticas públicas que impulsen la adaptación diseñada para lograr una mejor sostenibilidad e inclusión, integradas a acciones de reducción de la pobreza y de la vulnerabilidad al cambio climático y a los eventos extremos. Dentro de este orden de prioridades se propone fomentar la transición a economías ambientalmente sostenibles y bajas en emisiones de GEI y otros contaminantes.

DIAGRAMA I
ADAPTACIÓN INCLUYENTE Y SOSTENIBLE

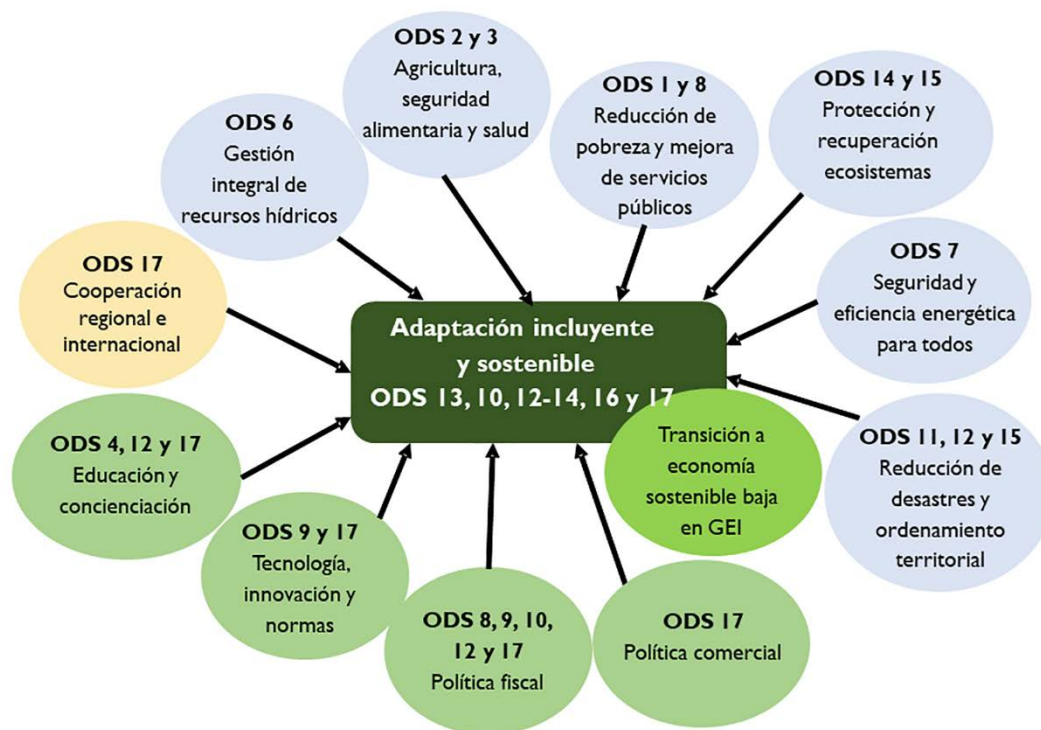


Fuente: Elaboración propia.

Este proceso requiere un esfuerzo para identificar los riesgos y las medidas para diversas regiones y sectores según metas de desarrollo como la reducción de la pobreza, la gestión del agua, la agricultura, la seguridad alimentaria, la protección de los ecosistemas, la seguridad y la eficiencia energéticas, el ordenamiento territorial y la articulación estratégica entre instituciones para maximizar los cobeneficios y minimizar los costos de adaptación y mitigación en los sectores. La respuesta para dar cumplimiento a los objetivos de la Agenda ODS 2030 requiere una mejora significativa de la coordinación entre sectores, instituciones y disciplinas, como lo puntualiza el ODS 17.

Así, la Agenda 2030 con sus metas interrelacionadas coincide cercanamente con la agenda de los sectores y políticas públicas para impulsar la adaptación sostenible e incluyente con una transición a economías ambientalmente sostenibles y bajas en emisiones de GEI. La Agenda 2030 evidencia el vínculo entre la reducción de estas emisiones y la necesidad urgente de evolucionar a patrones de producción y consumo cualitativamente más sostenibles. Se puede hacer un mapeo de los ODS más relacionados con la propuesta de la adaptación sostenible e incluyente.

DIAGRAMA 2
ADAPTACIÓN INCLUYENTE Y SOSTENIBLE Y ODS



Fuente: Elaboración propia.

El esfuerzo de respuesta articulada por sectores podría beneficiarse de un enfoque que ponga mayor atención a bienes y servicios públicos comunes e intergeneracionales como el clima, el agua, la seguridad alimentaria, la seguridad energética y el transporte público. Se requiere desarrollar políticas fiscales, comerciales, tecnológicas y educativas que faciliten estas medidas. Finalmente, cuando un país participa en sistemas de integración o en acuerdos bilaterales, regionales o internacionales, se debe procurar que haya un valor agregado en su respuesta al cambio climático.

Al priorizar políticas públicas sostenibles, incluyentes y articuladas, la sociedad guatemalteca deberá evitar estrategias *ad hoc* de lógica inercial que podrían resolver urgencias pero que profundizarían riesgos, que podrían resolver situaciones en un sector a costa de otro, o que manejaran en forma separada las medidas de adaptación y las de desarrollo sostenible y mitigación de GEI. Por ejemplo, el avance en la protección y restauración de bosques con el acceso y uso eficiente de energía que reduzca la pobreza energética es parte de una agenda de desarrollo sostenible que podría generar beneficios simultáneos para todos los ámbitos y actores, incluyendo a los pueblos indígenas.

El IPCC subraya que las causas y las soluciones del cambio climático se relacionan estrechamente con los retos de la equidad y la desigualdad, pues los países que emiten menos GEI resultan ser los más vulnerables porque tienen menores capacidades de adaptación y, por tanto, son los que sufrirán los mayores impactos del fenómeno (IPCC, OMM y PNUMA, 2007). El Informe Stern (2007) afirma que “el cambio climático supone una dura amenaza para los países en vías de desarrollo y un obstáculo grande para la continua reducción de la pobreza en sus múltiples dimensiones.” Por lo tanto, se plantea la necesidad de integrar las estrategias de adaptación con las de reducción de la pobreza y la desigualdad (CEPAL, 2009; 2010; IPCC, 2007a; PNUD, 2007; AfDB y otros, 2007). Como lo continúa señalando Stern (2007), los dos retos que definirán la historia de este siglo son el cambio climático y la pobreza, que están íntimamente ligados. Si no se resuelve uno, no se resuelve

el otro. No está de más recordar que la CMNUCC reconoce la relación entre la respuesta al cambio climático, el desarrollo sostenible y la erradicación de la pobreza.

Considerando que el 54% de la población de Guatemala vive en condiciones de pobreza (CEPAL, 2015a), la vinculación de las respuestas al cambio climático con los programas de disminución y erradicación de la pobreza, la mejora de la calidad de vida y la ampliación de las oportunidades de la población serían una importante apuesta para el país. Los múltiples impactos directos e indirectos del cambio climático exacerbarán las diferentes formas y fuentes de vulnerabilidad de determinadas poblaciones, sobre todo si no se realizan acciones de previsión inmediatas. Para tal efecto se requiere considerar las múltiples dimensiones de los procesos y experiencias de pobreza, como lo hace el enfoque de capacidades y oportunidades de Amartya Sen (1999). Se hace necesario entonces un análisis de la capacidad de las personas para adaptarse al cambio climático no solo en función de la disponibilidad de recursos económicos, naturales, educativos y sanitarios, sino también de su habilidad para aprovecharlos, sin dejar de admitir que habrá límites de adaptación, con pérdidas y daños no reparables, aun si hubiera financiamiento suficiente.

Desde la perspectiva económica, además de las consideraciones éticas, es más rentable actuar ahora que dejar el problema a las generaciones futuras. Los resultados de las investigaciones demuestran que el costo presente de los impactos del cambio climático se multiplicará a la postre si no tomamos medidas ambiciosas e inmediatas. Las investigaciones confirman también que el cambio climático es la mayor falla de mercado jamás vista por no internalizar el valor del clima como bien público global y no registrar adecuadamente sus impactos en la sociedad y en los servicios ambientales. Esto implica que, más allá de la valoración económica, se requiere tomar decisiones éticas sobre la distribución de costos entre las generaciones, valorando las necesidades de las generaciones futuras. Un análisis similar se tendría que hacer sobre los ecosistemas que prestan múltiples servicios ambientales que perderemos antes de que el mercado sea capaz de registrar las pérdidas y envíe señales para motivar su manejo adecuado.

Debido a que el cambio climático es una falla de mercado que expresa la insostenibilidad del actual estilo de desarrollo y que tiene profundos impactos en la economía, no puede ser tratado como responsabilidad exclusiva de las instituciones ambientales, sino como un problema económico central y transversal con serias implicaciones fiscales. Constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas en forma creciente, que ya enfrentan grandes demandas por los impactos de eventos extremos. Es urgente, pues, hacer frente al desafío de estos fenómenos en forma proactiva. De otro modo, la actual generación sufrirá mayores costos y deterioro por los eventos extremos y las generaciones futuras cargarán con costos de adaptación muy altos, y la transición a economías más sostenibles, bajas en emisiones de GEI, será tardía y caótica.

Responder de forma sostenible e incluyente al reto del cambio climático implica una serie de desafíos multisectoriales que deben enfrentarse con respuestas particulares para cada sector y con instancias de articulación intersectorial que faciliten los aportes del sector público, el sector privado, la ciudadanía y sus organizaciones civiles, el sector académico, las instituciones de integración y la comunidad internacional. Dichas respuestas pdeben ser parte integral de los planes de desarrollo nacional y de reducción de la pobreza, con un esfuerzo especial para maximizar los cobeneficios y minimizar los costos intersectoriales de las acciones propuestas. Esto conlleva una mayor atención a bienes y servicios comunes públicos intergeneracionales como el clima, el agua, la seguridad alimentaria, la seguridad energética y el transporte público.

Frente a los impactos antes expuestos y a los compromisos de Guatemala de contribuir a la lucha contra el cambio climático, se vuelve indispensable contar con una política que responda a estos

desafíos. En 2009, a través del Acuerdo Gubernativo 329-2009, se aprueba la Política Nacional de Cambio Climático, formulada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). La Política se crea para definir con claridad los objetivos que se deben perseguir como país y presentar las pautas que todos los actores y sectores deben asumir para que sus acciones contribuyan a lograr efectivamente dichos objetivos.

Actualmente, el país cuenta con la Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (Decreto N° 7-2013 del Congreso de la República), que determina mecanismos e instrumentos para dar respuesta a la problemática actual en materia de cambio climático. El MARN es el ente rector a nivel nacional en el tema de cambio climático. Dicho ministerio cuenta con el Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático, que vela porque se formulen e implementen las políticas ambientales de recursos naturales y cambio climático, tales como la política nacional y la Ley de Cambio Climático que busca reducir la vulnerabilidad, adaptarse al cambio climático y reducir la emisión de GEI.

A través de la Ley Marco de Cambio Climático se crea el Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC), que funciona como un ente regulador que supervisa la implementación de acciones y resolución de conflictos para dar seguimiento a la ejecución de dicha ley. El CNCC es presidido por el presidente de la república y en él participan representantes del sector gubernamental, no gubernamental, organizaciones indígenas, organizaciones campesinas, sector privado, municipalidades y académico.

Como asesor permanente en el Consejo, se encuentra el Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC), fundado en 2014 por diez instituciones entre las que están cinco universidades, dos centros de investigación social, dos instituciones de gobierno y un instituto de investigación privado. La función del SGCCC es revisar y generar información científica y trasladarla a los tomadores de decisiones políticas en lo que respecta a los principales componentes del cambio climático, a saber: ciencia del clima, adaptación y vulnerabilidad, y mitigación e inventarios de GEI.

Entre los mecanismos que determina la Ley Marco de Cambio Climático se encuentra la elaboración e implementación de un Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), cuyo objetivo principal es definir, de forma clara y ordenada, las principales acciones y lineamientos que las instituciones de gobierno y demás sectores deberán seguir para contribuir a la reducción de la vulnerabilidad, mejorar la capacidad de adaptación y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El PANCC deberá ser actualizado conforme a los resultados de las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático. Actualmente, se cuenta con la primera y segunda comunicación nacional sobre cambio climático, publicadas en 2001 y 2015, respectivamente. Como parte de los compromisos internacionales adquiridos, el país está obligado a realizar estas comunicaciones periódicamente. El MARN ya está trabajando en la elaboración de la tercera comunicación.

Por otra parte, el MARN ha iniciado la conformación del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático (SNICC), que servirá como plataforma para que todas las entidades públicas y privadas proporcionen información relacionada con el cambio climático, especialmente en cuanto a emisiones y reducción de gases de efecto invernadero, vulnerabilidad y adaptación. Toda esta información es necesaria y vital para que la población esté mejor informada y pueda prepararse para enfrentar este reto global.

Actualmente se está elaborando el primer reporte de evaluación del conocimiento del cambio climático en Guatemala. Este documento busca evaluar la información científica y el conocimiento tradicional indígena existente en el país relacionado con el cambio climático, como insumo para

planificar, fortalecer la ciencia y las políticas públicas, y formular planes de acción territorial. Este reporte será un insumo que visibilice al país y a la región centroamericana en el sexto informe de evaluación que elaborará el IPCC a partir de 2018.

Ahora, el reto a escala nacional es implementar las respuestas, articulando acciones entre sectores e involucrando a todos los actores de la sociedad. A nivel global, el reto es cerrar las brechas de reducción de emisiones y de apoyo internacional para implementar respuestas a la adaptación sostenible e incluyente en los países en vías de desarrollo y las poblaciones que viven en pobreza. La ventana de oportunidad que tenemos, tanto a escala nacional como a escala global, requiere redoblar esfuerzos.

RESUMEN

Los efectos del cambio climático, principalmente el aumento en la temperatura y el nivel del mar, la severidad de eventos extremos, y el retraso, intensidad e irregularidad en la temporadas de lluvia, podrían causar grandes pérdidas en la economía, la sociedad y los ecosistemas de Guatemala. Este documento presenta un resumen de los resultados y hallazgos para Guatemala de los estudios realizados por la iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica (ECC CA).

Las estimaciones indican que los impactos del cambio climático en recursos hídricos, hidroelectricidad, agricultura, ecosistemas y enfermedades sensibles al clima serían de gran magnitud con diferencias relativas a las distintas regiones del país. La región Pacífico podría experimentar las mayores afectaciones por incremento de la temperatura y menor disponibilidad de agua. La variabilidad y el cambio climático, así como los eventos extremos, principalmente, de origen hidrometeorológico, repercutirán en los rendimientos agrícolas, y podrían aumentar las presiones sobre la seguridad alimentaria y nutricional de la población en condición de pobreza y exclusión social, profundizando las desigualdades estructurales, principalmente en las zonas rurales.

Lo anterior exige la adopción de medidas integrales de adaptación al cambio climático dirigidas a los productores agropecuarios y no agropecuarios de subsistencia en la zona rural, incluyendo el acceso a instrumentos financieros tradicionales como créditos y depósitos, y de transferencia de riesgos como los seguros agropecuarios. Medidas integrales de atención a los pequeños productores de subsistencia serían necesarios para minimizar la vulnerabilidad económica y social que exacerban los riesgos derivados de eventos extremos, algunos de los cuales se encuentran asociados a la variabilidad y el cambio climático. Los bosques y sus ecosistemas también se verán afectados de forma importante por el cambio climático. En contraste, la región del Altiplano Occidental podría mejorar sus condiciones, ya que un aumento de temperatura favorecería mayores rendimientos de granos básicos y café y menores impactos en biodiversidad, aridez y otros ecosistemas, al menos hasta mediados de siglo.

Los escenarios de emisiones de GEI indican que estas seguirán aumentando, aunque se podría esperar una menor tasa de crecimiento hacia mediados de siglo con la ratificación de los compromisos de Guatemala de reducir en 2030 en 22,6% las emisiones de GEI totales de 2005. El costo acumulado a 2100 del impacto del cambio climático en el sector agropecuario, recursos hídricos, biodiversidad y los eventos hidrometeorológicos extremos podría equivaler al 75% del PIB de 2008. Cabe señalar que en estas estimaciones existe un alto nivel de incertidumbre debido a la interacción entre las variables económicas y las condiciones del clima, tanto como los aspectos sociales, políticos y culturales, por lo que las mediciones deben considerarse tendenciales y no como datos puntuales.

INTRODUCCIÓN

Guatemala es uno de los países con mayor riesgo climático por su ubicación geográfica y principalmente por la vulnerabilidad de su población. El país se ha visto afectado por diversos eventos climatológicos extremos como tormentas tropicales y huracanes, sequías y la expansión de su corredor seco. Guatemala cuenta con una gran diversidad de bosques y ecosistemas que, además de ser objetos de degradación y deforestación, son ahora afectados por estos fenómenos y el aumento en temperatura y la variabilidad de la lluvia que impactan también en múltiples sectores como la agricultura, la hidroelectricidad, la biodiversidad, la incidencia de enfermedades y en los recursos hídricos, y en metas nacionales claves para la seguridad alimentaria y nutricional y la reducción de la pobreza.

En este contexto el Gobierno de la República de Guatemala estableció su Ley Marco de Cambio Climático en 2013, que delinea acciones y responsabilidades de diversos actores y sectores para los próximos años. Igualmente, se diseñó el Plan de Acción Nacional de Cambio Climático en 2016 elaborado por el Consejo Nacional de Cambio Climático y la Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia. El país se ha sumado a los compromisos globales de las Conferencias de las Partes (COP) de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático y el Acuerdo de París de 2015, bajo el principio de responsabilidades comunes pero diferenciadas y tomando en cuenta las actuales capacidades y circunstancias de país. A través de su contribución prevista y determinada a nivel nacional el país planteó sus necesidades de adaptación y respuesta a las pérdidas y los daños asociados al cambio climático, y se comprometió con recursos propios a una reducción del 11,2% en sus emisiones de GEI totales proyectadas a 2030 con respecto a 2005, con la posibilidad de aumentar esta oferta a 22,6% si se cuenta con un apoyo técnico y financiero de la comunidad internacional.

El MARN y el MINFIN han participado como instituciones fundadoras de la iniciativa de La economía del cambio climático en Centroamérica y la República Dominicana desde su inicio en 2008; han colaborado en los análisis generados y en las discusiones sobre opciones de respuesta y han aprovechado y contribuido a la oferta de fortalecimiento de capacidades. El MARN comisionó esta publicación a la CEPAL para que el país pueda contar con un compendio de todos los resultados para Guatemala hasta la fecha de esta iniciativa. Se espera que este documento alimente la formación técnica y la generación de políticas públicas en diversos sectores y aliente a los actores nacionales a continuar con la investigación y la acción frente al cambio climático.

La iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica (ECC CA) fue creada para estimar las consecuencias del cambio climático en la región y proponer medidas de adaptación, prevención y mitigación. La iniciativa fue gestionada de forma conjunta por los gobiernos de los países de la región, sus Ministerios de Ambiente y Hacienda o finanzas, lo consejos y secretarías ejecutivas correspondientes de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), el Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica y República Dominicana (COSEFIN) y la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA), e instancias del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA) con la coordinación técnica de la CEPAL. Estas instituciones crearon un comité técnico regional (CTR) para la gestión técnica del conjunto de la iniciativa.

En 2012 se creó un programa de trabajo técnico de la CEPAL y el Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) de los Ministerios de Agricultura de los países miembros del SICA, ejecutado con su Secretaría Ejecutiva y su Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo (GTCCGIR). El mismo año, el Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica (COMISCA) estableció un mandato ministerial sobre salud humana y cambio climático, que motivó el diseño y la implementación de un proyecto con su Secretaría Ejecutiva y la Comisión de Directores de Epidemiología y Vigilancia y Sistemas de Información (COTEVISI) con el apoyo de la CEPAL, el Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de Salud (ICGES), el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) de México y el Instituto Meteorológico de Cuba (INSMET).

El presente documento es producto de un ejercicio de recopilación, sistematización y análisis de los resultados de los estudios de la iniciativa ECC CA sobre Guatemala, que incluyen los siguientes:

- La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis, 2010.
- La economía del cambio climático en Centroamérica. Reporte técnico, 2011.
- Variabilidad climática y eventos extremos en Centroamérica. Reporte exploratorio, 2011.
- Impactos potenciales en los patrones intranuales y espaciales del clima, 2012.
- Impactos potenciales en la aridez y los meses secos, 2012.
- Evidencia de las enfermedades sensibles al clima, 2012.
- La economía del cambio climático. Síntesis, 2012.
- Impactos potenciales en los ecosistemas, 2012.
- Dos casos de impactos potenciales en la generación de hidroelectricidad, 2012.
- Microseguros agropecuarios y gestión integral de riesgos en Centroamérica y la República Dominicana: lineamientos estratégicos para su desarrollo y fortalecimiento, 2015.
- Cambio climático en Centroamérica: impactos potenciales y opciones de política pública, 2015.
- Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica, 2013.
- Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica, 2014.

El presente documento se divide en nueve capítulos. En el primero se presentan los resultados de los estudios de la iniciativa ECC CA en cuanto los escenarios prospectivos en las variables macroeconómicas, demográficas, cambio de uso de tierra (CUT) y energía. En el segundo se presentan los escenarios de cambio climático de las variables temperatura y precipitación en los niveles nacional y departamental, con un análisis de los cambios intranuales. Además, se presenta la evidencia de eventos extremos, meses secos y aridez. En el tercero se presentan las estimaciones de los impactos del cambio climático en los recursos hídricos y en la hidroelectricidad. En el cuarto se muestra la evaluación de los impactos potenciales del clima en los rendimientos de cultivos de granos básicos (maíz, frijol, arroz) y café; se incluyen un análisis de la seguridad alimentaria y nutricional y consideraciones sobre el aseguramiento agrícola. En el quinto se presentan los posibles impactos del fenómeno en los ecosistemas según el índice de biodiversidad potencial (IBP) y la clasificación de zonas de vida de Holdridge (ZVH). En el sexto se muestra la evidencia disponible de la relación del cambio climático con las enfermedades sensibles al clima. En el séptimo se presenta un análisis de las emisiones de GEI por sectores y sus posibles trayectorias. En el octavo se presentan las estimaciones iniciales de los costos económicos del cambio climático sobre los sectores agropecuarios, recursos hídricos, biodiversidad y los eventos extremos. En el noveno se presentan los comentarios y las conclusiones generales.

Por tratarse de escenarios futuros con diversas capas de análisis con sus respectivas incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas. En general, este tipo de análisis busca ilustrar los

impactos potenciales si no se generan políticas públicas y acciones de adaptación de los actores. Su utilidad práctica consiste en alertar sobre la importancia estratégica de tomar medidas proactivas y precautorias.

Las estimaciones en los escenarios aquí considerados buscan identificar los impactos de cambios en temperatura y precipitación atribuibles al cambio climático y, por lo tanto, mantienen los valores históricos de las otras variables. Los análisis no estiman el efecto acumulado futuro de prácticas productivas que minan la sostenibilidad como la degradación y la erosión del suelo, que podrían contribuir a reducir los rendimientos agrícolas y la generación hidroeléctrica futuros aun sin cambio climático. Además, varios de los análisis se enfocan en el nivel departamental e identifican diferencias en toda la región, pero no comprenden zonas de menor escala dentro de estas unidades geográficas.

I. ESCENARIOS DE REFERENCIA

La generación y el análisis de escenarios de crecimiento económico y demográfico son la base para evaluar los costos económicos de los impactos del cambio climático. Estos escenarios de referencia proveen información tendencial del comportamiento de variables clave hacia 2100 y ayudan a medir los efectos potenciales en actividades económicas específicas. Las variables de referencia a estimar son: producto interno bruto (PIB), población, PIB por habitante, cambio de uso de tierra (CUT) y consumo de energía.

A. ESCENARIOS MACROECONÓMICOS

La trayectoria del PIB real de Guatemala ha reportado una tendencia creciente en las últimas décadas, aunque su tasa de variación —una medida del crecimiento económico— reporta cierta volatilidad (véase el gráfico I.1). Las tasas de variación del PIB real más altas en Guatemala se presentaron en las décadas de 1960 y 1970, en las que la actividad productiva estuvo influenciada por los precios internacionales de un grupo reducido de *commodities* como café, banano y azúcar, así como por el proceso de industrialización por sustitución de importaciones iniciado a partir de la década de 1950. Las tasas de variación promedio de 5,5% y 5,9% para las décadas de 1960 y 1970 (véase el cuadro I.1), estuvieron a su vez condicionadas por el creciente comercio intracentroamericano, las facilidades de financiamiento internacional para el sector público y privado, y el proceso de expansión de las principales zonas urbanas.

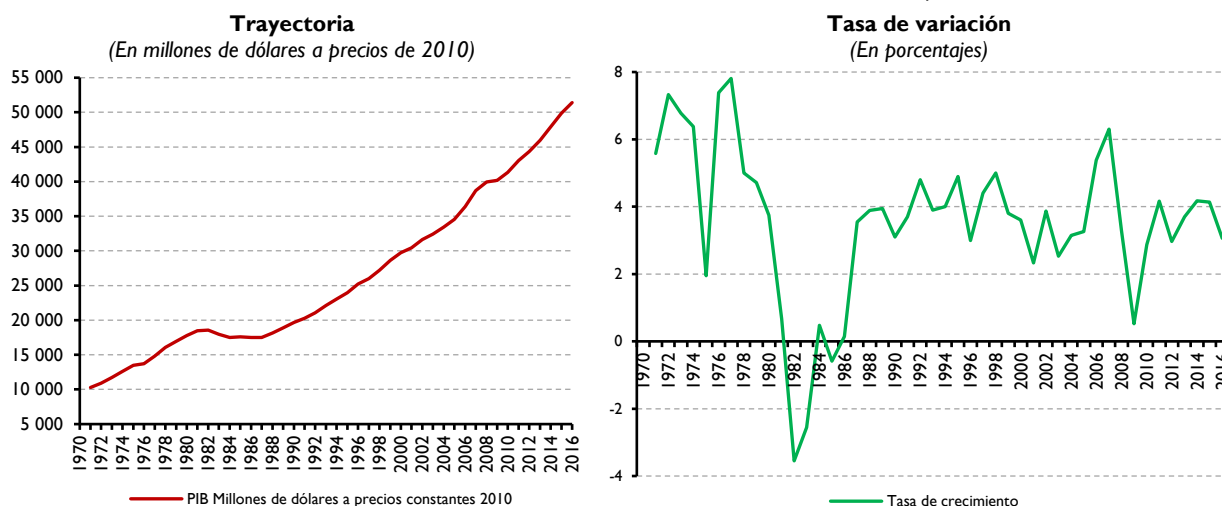
A principios de la década de 1980 el crecimiento económico guatemalteco se vio afectado por el agotamiento del proceso de industrialización por sustitución de importaciones, situación que condicionó la tasa de variación del PIB real de 0,6% promedio para dicha década. Los conflictos sociales, políticos y militares agudizados en esa década, así como las insurgencias y convulsiones sociales en otros países socios de la región centroamericana, restringieron la expansión de las actividades productivas y comerciales de Guatemala. A estas condiciones se sumó el cierre de las fuentes de financiamiento de los organismos financieros internacionales en la conocida crisis de deuda externa de los países latinoamericanos.

Los procesos de pacificación regional impulsados desde Guatemala, el lanzamiento del modelo de promoción de exportaciones que desmontó los acuerdos en materia arancelaria dando paso a la apertura comercial, la liberalización de los sistemas financieros y el proceso de privatización de los activos públicos trajo consigo el resurgimiento de la inversión y de diversas actividades productivas, situación que se reflejó en la tasa de variación del PIB real de 4,2% como promedio en la década de 1990 (véanse el gráfico I.1 y el cuadro I.1).

La década de 2000 se caracterizó por una profundización de las reformas iniciadas en la década de 1990, la consolidación de los procesos democráticos, el afianzamiento del comercio intracentroamericano y la llegada de inversiones extranjeras que alentaron las inversiones privadas y públicas, así como la continuidad en los procesos de reducción de la pobreza urbana y rural. Estos

factores condicionaron una expansión económica de 3,4% en la primera década del siglo y de 3,6% anual desde 2010.

GRÁFICO I.1
GUATEMALA: TRAYECTORIA Y TASAS DE VARIACIÓN DEL PIB, 1971-2016



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011 y CEPALSTAT, 2018.

CUADRO I.1
GUATEMALA: TASAS DE VARIACIÓN DEL PIB, 1950-2016
(En porcentajes)

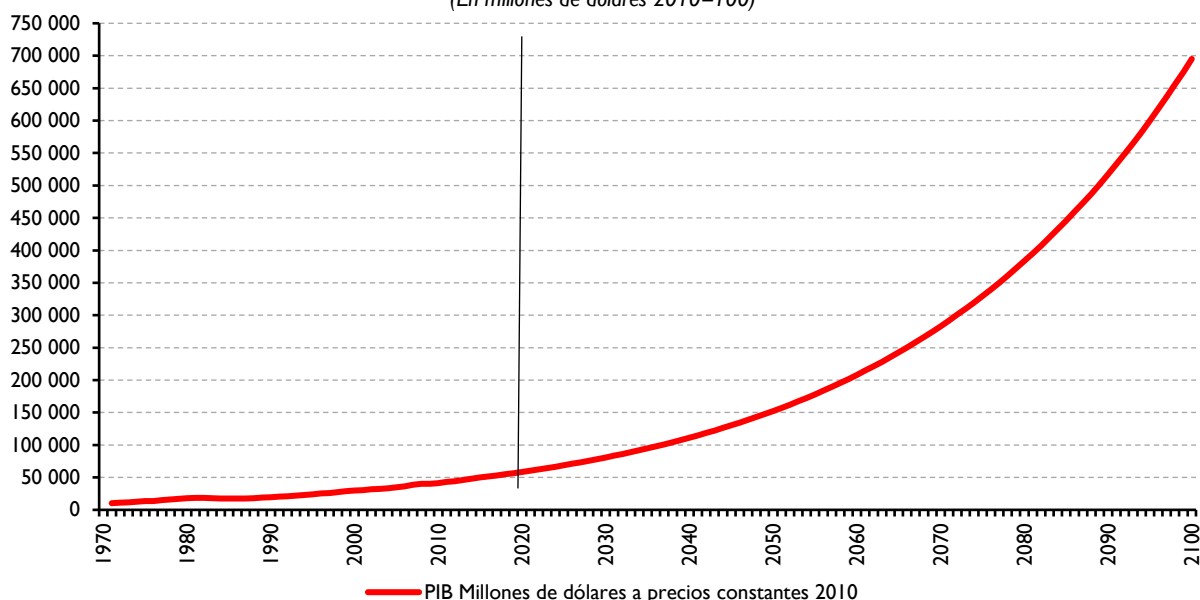
Décadas						
1950-1959	1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2000-2016
4,0	5,5	5,9	0,6	4,2	3,4	3,6

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011, y CEPALSTAT, 2017.

La proyección del PIB de Guatemala para 2100 se realizó sobre la base de los datos históricos. Para ello se especificó un modelo econométrico con variables macroeconómicas incluyendo un agregado monetario como aproximación de la riqueza y para capturar también el efecto del sistema financiero en el crecimiento económico, y los precios relativos de la energía que indican la relación de precios con el nivel general de costos. Se utilizó la metodología econométrica de cointegración con vectores autoregresivos (VAR) y un modelo de vector de corrección de errores (VECM) de largo y corto plazo, lo que permite obtener simulaciones y pronósticos razonables. Para estimar la trayectoria del crecimiento del PIB a largo plazo se asumió un conjunto de supuestos sobre las variables exógenas, que en esencia delinean un escenario muy similar al comportamiento de las últimas dos décadas, prescindiendo de valores extremos (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID Y DANIDA, 2011). Los resultados se presentan en el gráfico I.2, donde se proyecta una trayectoria creciente hasta 2100. Una manera de incorporar la incertidumbre en estos pronósticos es usar gráficos de abanicos con bandas de probabilidad del 90%, 80% y 60% alrededor de la tasa de crecimiento proyectada (véase el gráfico I.3).

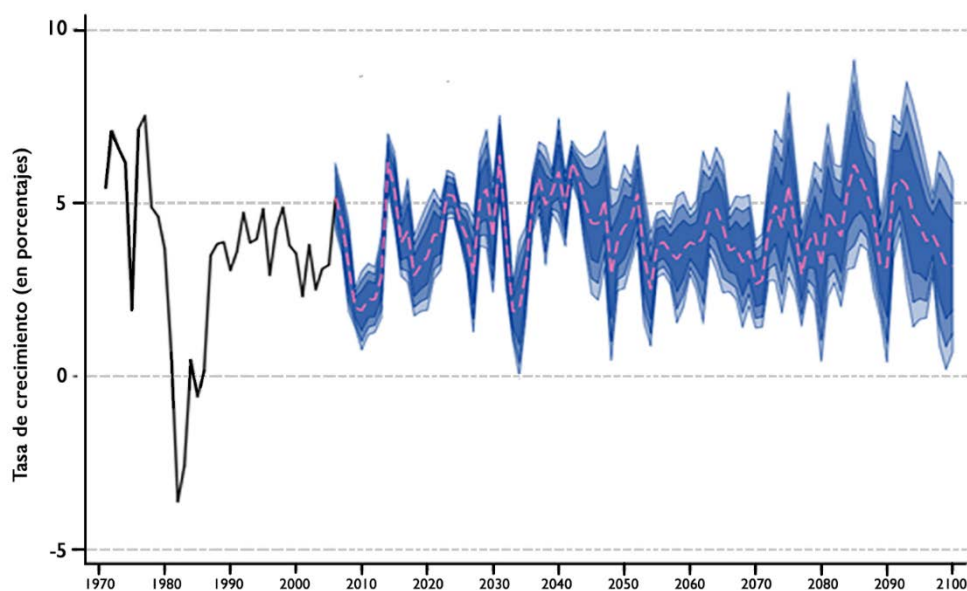
A partir de la tasa de variación estimada se definieron escenarios base, bajo y alto. El escenario base supone una dinámica de formación de capital similar al promedio registrado desde la década de 1980, con actividad estable del sector financiero. Los escenarios prospectivos de las próximas décadas, en cambio, asumen que la volatilidad de los precios de los alimentos y los energéticos aumentará, y las crisis financieras serán frecuentes, todo lo cual afectará de manera directa al crecimiento debido a que la energía es un insumo de la producción cuyo precio relativo afecta la trayectoria de crecimiento (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

GRÁFICO I.2
GUATEMALA: PRODUCTO INTERNO BRUTO, 1970-2100
 (En millones de dólares 2010=100)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011, y CEPALSTAT, 2018.

GRÁFICO I.3
GUATEMALA: ESCENARIOS DE CRECIMIENTO DEL PIB
CON VALORES OBSERVADOS, 1970-2007 Y PRONÓSTICO, 2008-2100
 (Fan Charts de la tasa de crecimiento con bandas de probabilidad de 90%, 80% y 60%)



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

Así, el escenario base corresponde a la media entre el límite inferior y el límite superior de la trayectoria esperada con una probabilidad del 60%. El escenario de bajo crecimiento utiliza el límite superior de la trayectoria con un 20% de probabilidad; el escenario de alto crecimiento asume un nivel de probabilidad más bajo (10%) de que la economía crezca a tasas elevadas. Los resultados para Guatemala van del 2,67% al 3,78% (véase el cuadro I.2).

CUADRO I.2
GUATEMALA: ESCENARIOS DE LA TASA DE VARIACIÓN DEL PIB, 2008-2100
(En porcentajes)

Escenarios de crecimiento económico		
Bajo	Base	Alto
2,67	3,18	3,78

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

B. ESCENARIOS DEMOGRÁFICOS

La información de las variables demográficas proviene del Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía (CELADE), División de Población de la CEPAL. El comportamiento demográfico de Guatemala muestra una transición con cambios importantes en sus variables fundamentales: un descenso de la tasa de crecimiento poblacional entre la década de 1960 (2,98%) y la década de 1990 (2,35%), un ligero aumento hasta el 2,44% en la década de 2000 y una disminución al 2,12% en el período 2010-2016.

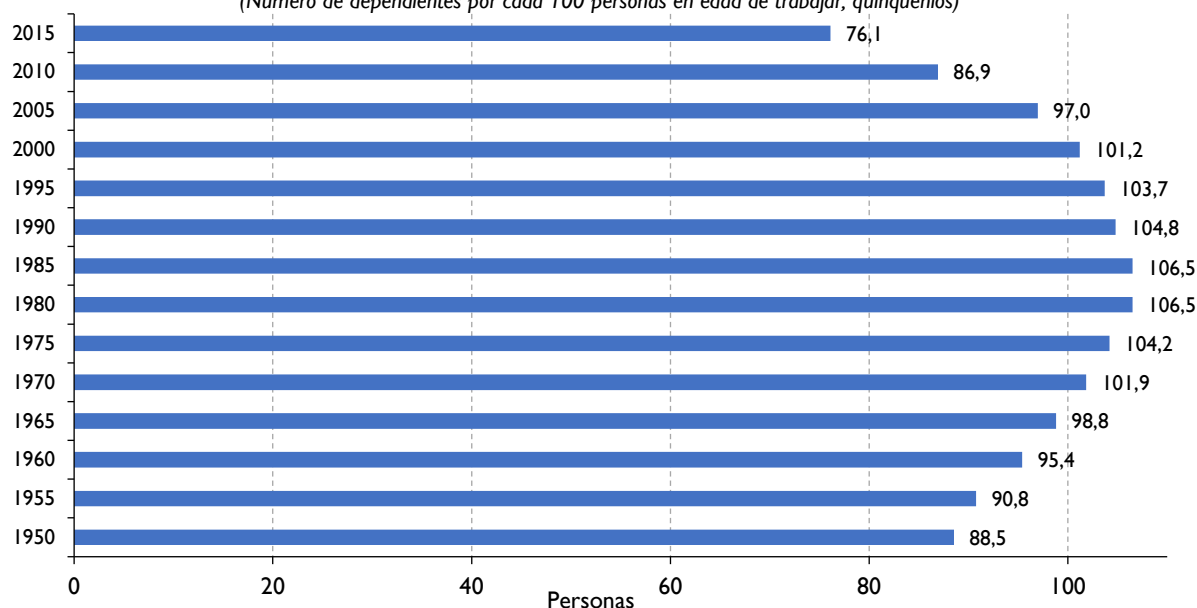
CUADRO I.3
GUATEMALA: TASAS DE CRECIMIENTO DE LA POBLACIÓN, 1960-2016
(En porcentajes)

Décadas					
1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-1999	2000-2009	2010-2016
2,98	2,64	2,36	2,35	2,44	2,12

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CELADE, 2018.

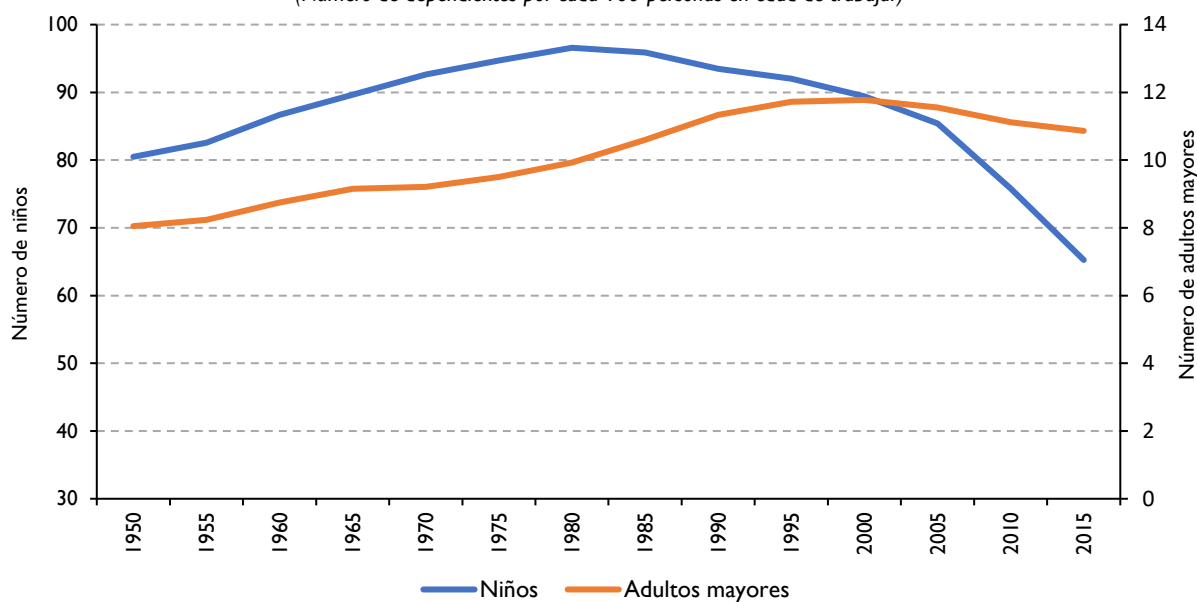
La esperanza de vida al nacer en Guatemala durante el período 2010-2015 fue de 72,6 años, mientras que la tasa de fecundidad fue la más alta de Centroamérica con un promedio de 3,1 hijos por mujer para el mismo período (CELADE, 2017). Los indicadores de dependencia demográfica total y por grupos de edad muestran un incremento desde la década de 1950 hasta 1985 para llegar a una relación de 106,5, lo que significa que habría 1.065 personas dependientes por mil personas en edad de trabajar. A partir de ese último año, el grado de dependencia empieza a descender (véase el gráfico I.4). En 2015 la relación de este concepto era de 76,1 dependientes por 100 personas en edad de trabajar, lo que indica la reducción de la tasa de fecundidad y por tanto una menor dependencia con respecto a los menores de 14 años (véanse los gráficos I.4 y I.5). Así, para el caso de menores dependientes se observa un comportamiento de “U” invertida, mientras que para los adultos mayores se observa una trayectoria creciente hasta 1995 hasta estabilizarse en una dependencia de 12 adultos mayores por cada 100 personas en edad de trabajar aproximadamente, lo que indica un incremento del grado de dependencia para este grupo de edad (véase el gráfico I.5). En vista de lo anterior, puede inferirse un envejecimiento promedio de la población y un cambio en la forma de la pirámide poblacional.

GRÁFICO I.4
GUATEMALA: RELACIÓN DE DEPENDENCIA DEMOGRÁFICA, 1950-2015
(Número de dependientes por cada 100 personas en edad de trabajar, quinquenios)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CELADE, 2015.

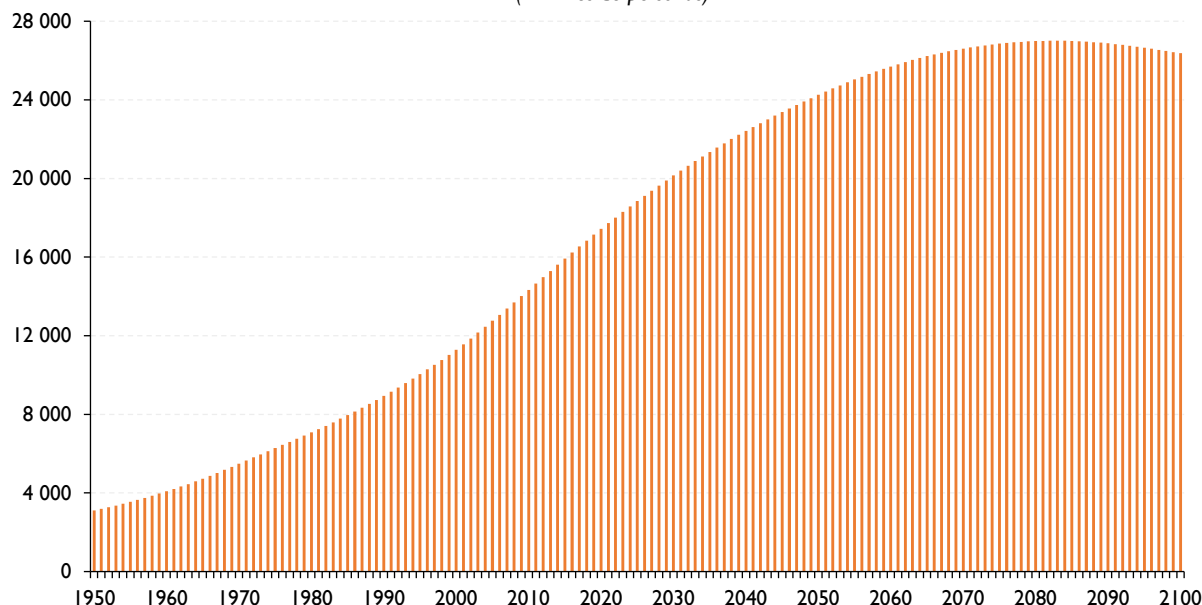
GRÁFICO I.5
GUATEMALA: RELACIÓN DE DEPENDENCIA DEMOGRÁFICA, NIÑOS Y ADULTOS MAYORES, 1950-2015
(Número de dependientes por cada 100 personas en edad de trabajar)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CELADE, 2015.

Para las proyecciones a 2100, CELADE utilizó el modelo de componentes, que genera proyecciones por sexos y grupos de edad y deriva una amplia y detallada gama de indicadores sociodemográficos y otros datos de gran utilidad para la planificación en diversas áreas. La evolución de la trayectoria de la población hasta finales del presente siglo se muestra en el gráfico I.6, donde se observa un incremento sostenido cuyo nivel más alto se alcanzaría en 2083 con 27.007.651 habitantes, para luego empezar a disminuir hasta los 26.372.890 a finales del siglo (véase el cuadro I.4).

GRÁFICO I.6
GUATEMALA: POBLACIÓN TOTAL, 1950-2100
 (En miles de personas)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CELADE, 2015.

CUADRO I.4
GUATEMALA. ESCENARIO DEMOGRÁFICO, 2005-2100
 (Habitantes)

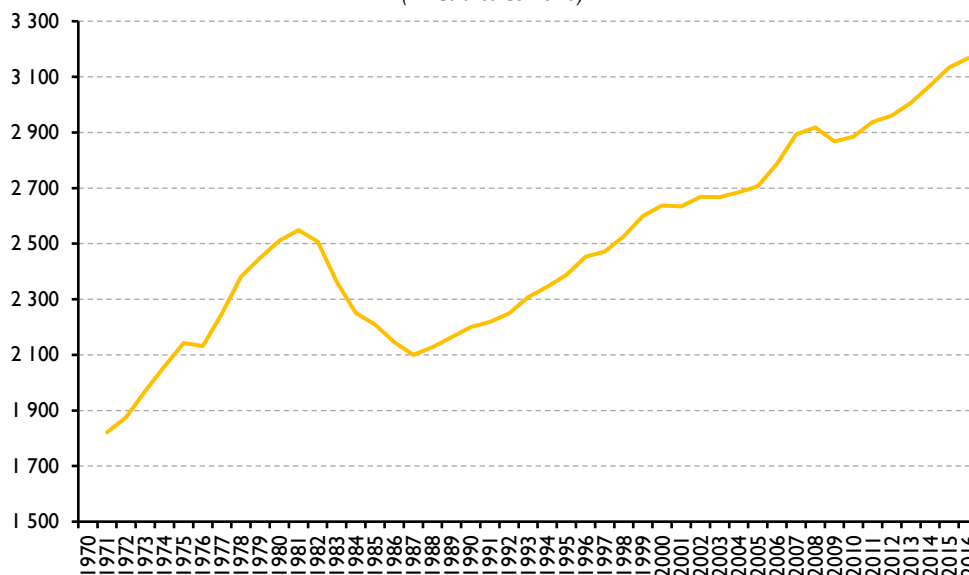
2005	2010	2020	2050	2070	2100	Año en que se alcanza el máximo de población	Nivel de máxima población
12 765 891	14 332 614	17 432 124	24 254 428	26 608 704	26 372 890	2083	27 007 651

Fuente: CELADE (2015).

C. ESCENARIOS DEL PIB POR HABITANTE

En el gráfico I.7 se presenta la evolución del PIB por habitante a precios de 2010. Durante todo el período (1971-2016) se observa una tendencia creciente que pasa de 1.821 dólares en 1970 a 3.168 dólares en 2016. Se distinguen tres períodos, 1970-1979, 1980-1985 y 1986-2016, mismos que guardan correspondencia con los modelos de desarrollo intentados en Guatemala y en la región centroamericana, así como con hechos económicos relevantes. En el primer período (1970-1979) se presenta un vertiginoso crecimiento como resultado de la expansión productiva, el proceso de industrialización y ampliación del mercado intracentroamericano. Los conflictos sociopolítico-militares y la crisis de deuda condicionaron la fuerte caída del PIB por habitante del período 1980 – 1985, lo que afectó gravemente las condiciones económicas y sociales. Desde 1986 hasta 2016 se ha reportado una tendencia alcista en el PIB real por habitante, situación que ha sido concomitante con las condiciones del modelo de liberalización económica, la expansión del comercio intracentroamericano y la consolidación de los procesos democráticos en Guatemala y la región. La caída observada entre 2009 y 2010 es resultado de la crisis financiera internacional que afectó la dinámica económica guatemalteca.

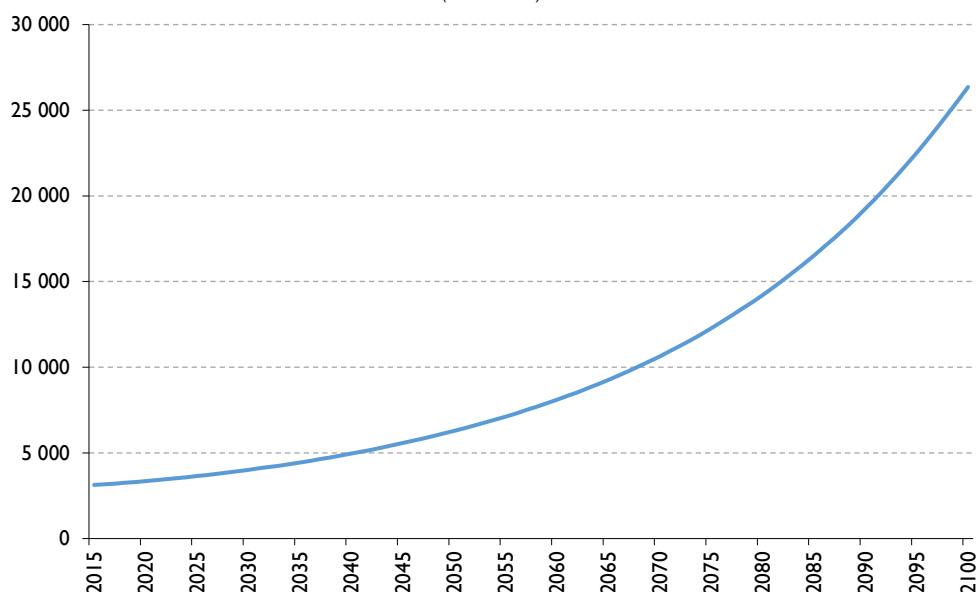
GRÁFICO I.7
GUATEMALA: PIB POR HABITANTE, 1970-2016
 (En dólares de 2010)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011; CELADE, 2018 y CEPALSTAT, 2018.

Las estimaciones del PIB por habitante para 2100 se realizaron a partir de los escenarios base del PIB y de la población descritos en los párrafos precedentes. Hacia 2050 se podría generar un PIB por habitante de 6.282 dólares y llegar a 26.354 dólares en 2100 (véase el cuadro I.5). La proyección de todo el período se presenta en el gráfico I.8, donde se observa un crecimiento constante. A partir de 2080 se podrían tener mayores tasas por la disminución del crecimiento de la población.

GRÁFICO I.8
GUATEMALA: PIB POR HABITANTE, ESCENARIO BASE, 2015-2100
 (En dólares)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011 y CELADE, 2018.

CUADRO I.5
GUATEMALA: PIB POR HABITANTE CON ESCENARIO MACROECONÓMICO BASE, 2005-2100
 (En dólares de 2010)

2005	2010	2050	2100
2 706	2 884	6 282	26 354

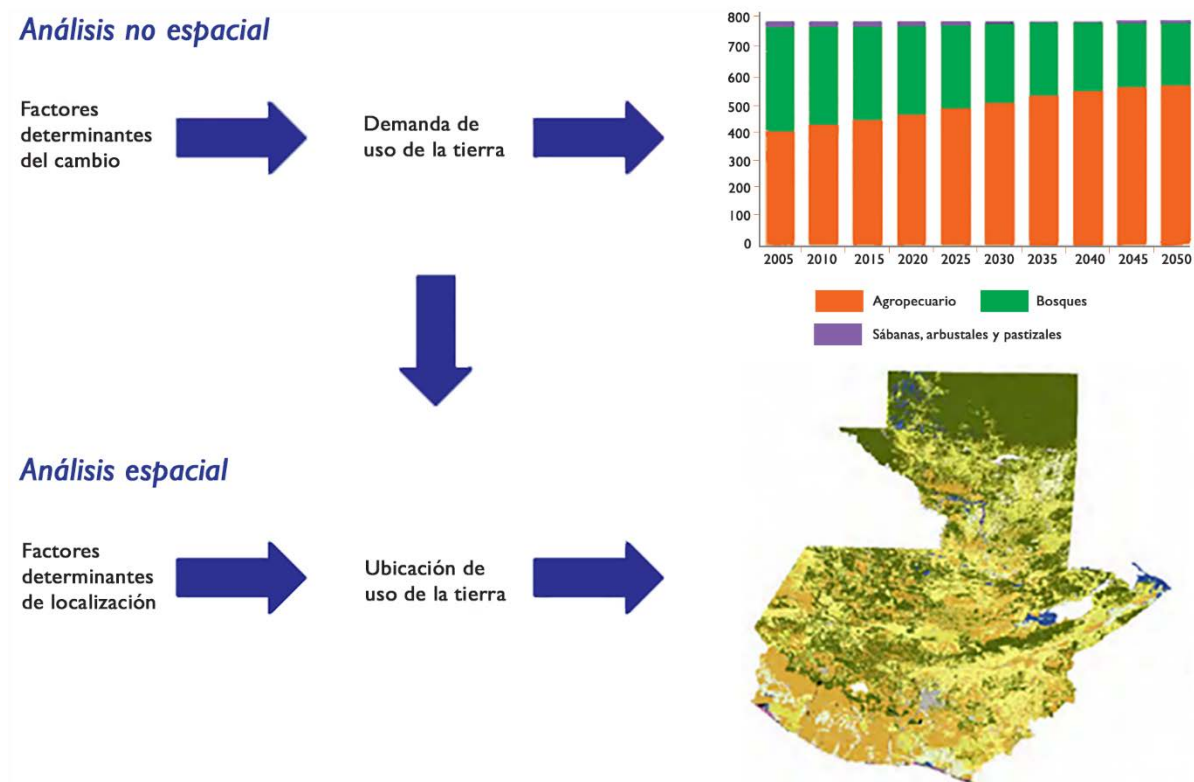
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011, y CELADE, 2018.

D. ESCENARIOS DE CAMBIO DE USO DE TIERRA

El modelo empleado para simular las tendencias futuras del cambio de uso de tierra (CUT) de Guatemala fue *Change of Land Use and its Effects at Small Scale* (CLUE-S) (Verburg y otros, 2002), que analiza el comportamiento del uso de suelo en relación con las necesidades agrícolas, industriales y municipales. La metodología consta de dos etapas que se representan en el diagrama I.1:

- **Análisis no espacial:** define los cambios de uso de suelo a través del tiempo mediante la cuantificación de los diferentes tipos de demanda del bien y las áreas requeridas por tipo de uso de suelo para cada año futuro. La cuantificación se basa en extrapolaciones de tendencias observadas del crecimiento económico.
- **Análisis espacial:** presentación de los resultados en mapas, para lo que debe determinarse previamente la distribución geográfica de las demandas. El modelo distribuye los cambios espacialmente a partir de las relaciones empíricas entre tipos de uso de suelo y los factores biofísicos y socioeconómicos imperantes en un punto determinado

DIAGRAMA I.1
ESQUEMA METODOLÓGICO DE MODELAJE DE USO DE TIERRA
MEDIANTE EL MODELO CLUE-S

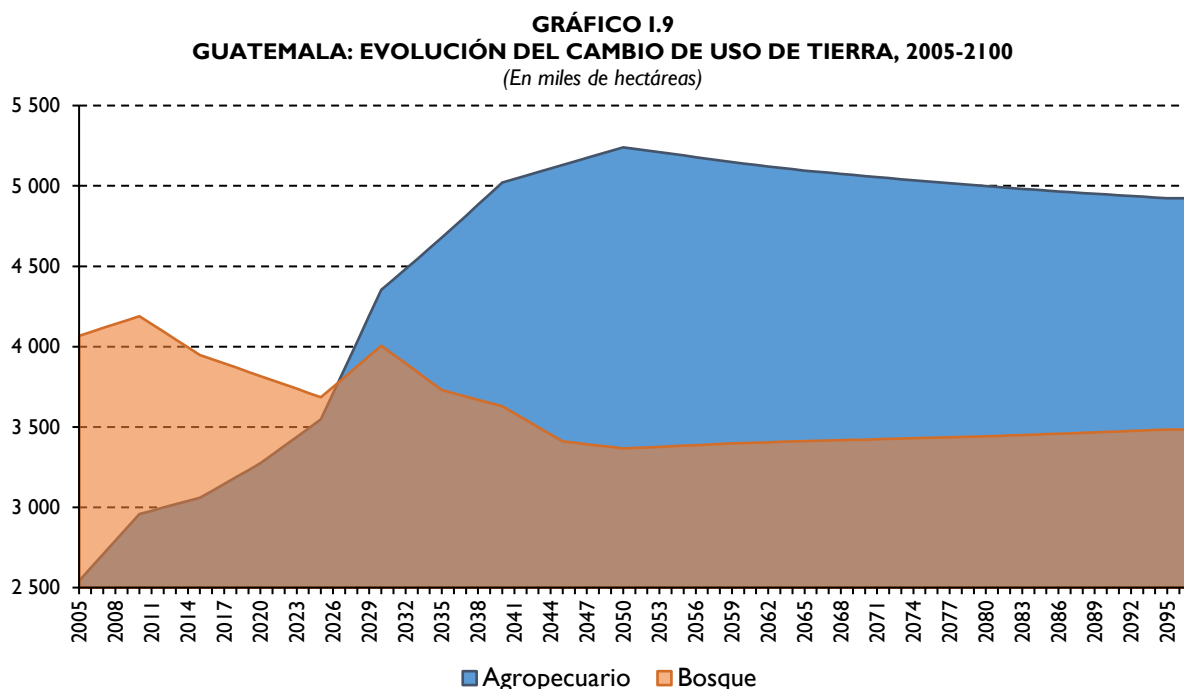


Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La línea base del CUT fue delimitada por los escenarios globales de uso de tierra del informe GEO4 (PNUMA, 2007). Estos escenarios cuantifican los distintos usos y describen tendencias de desarrollo de la sociedad que incluyen mercados primero, seguridad, sostenibilidad primero y políticas primero (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

La simulación del CUT de CLUE-S está determinada por los siguientes elementos: a) políticas y restricciones espaciales que identifican zonas de preferencia para la conversión de ciertos tipos de uso o su restricción; b) reglas de conversión, que especifican las conversiones de usos de tierra permitidas y la facilidad con que pueden ocurrir; y c) por factores explicativos o de ubicación que identifican la idoneidad de la ocurrencia de cada tipo de uso.

Las proyecciones de CUT del modelo CLUE-S para Guatemala en el período 2005-2100 se presentan en el gráfico I.9. En el año inicial, 2005, se registran 2,54 millones de hectáreas (ha) de suelo agropecuario y una superficie significativamente mayor de bosque, 4,07 millones de ha. El ejercicio de simulación indica que la superficie de suelo agropecuario crecería de manera importante, ya que para 2027 superaría la superficie de bosque. Esta tendencia continuaría hasta la década de 2050, cuando se estabilizaría en 5,24 millones de ha, hasta descender a 4,92 millones de ha en 2100. El bosque perdería superficie de forma continua hasta 2050, cuando se estabilizaría, y para el fin del siglo habría una superficie de 3,48 millones de ha, una reducción de 613.000 ha en el período 2005-2100.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La evolución de los otros tipos de cobertura hacia 2100 indican que se incrementará la cobertura urbana (478%), las extensiones de pastoreo (72%), y se reducirá la superficie de pastizales y pastoreo (-86%) y arbustales (79%). La proporción de la superficie de uso agropecuario pasaría del 24% en 2005 al 47% en 2100, mientras que la superficie de bosques pasaría del 38% al 32% de la superficie total (véase el cuadro I.6). De acuerdo con la simulación, las coberturas de manglar, pantano, humedal, cuerpos de agua y otros no sufrirán cambios.

CUADRO I.6
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL CAMBIO DE USO DE TIERRA, 2005-2100
(En miles de hectáreas y en porcentajes)

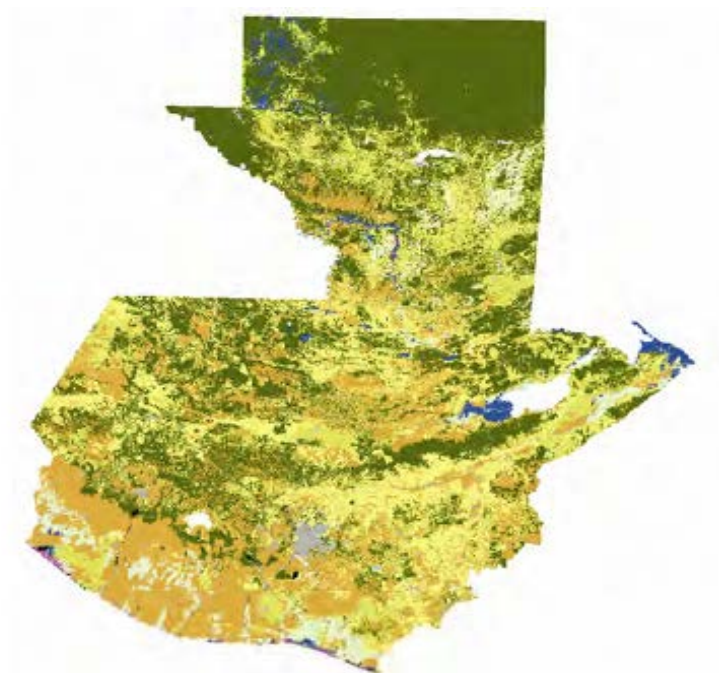
Cobertura	Año base 2005	Año tendencial 2100	Cambio escenario tendencial en comparación con el año base		
			Miles ha	Porcentaje con respecto al año base	Tasa de crecimiento anual
Sistema agropecuario	2 541,8	5 016,8	2 475,0	97,37	0,7
Pastoreo	436,6	750,2	313,9	71,95	0,6
Bosques	4 067,2	3 453,4	-613,8	-15,09	-0,2
Pastizales/Sabanas	935,5	127,3	-808,2	-86,39	-2,1
Arbustales	2 392,0	493,7	-1 898,3	-79,36	-1,6
Manglar	16,3	16,3	0	0	0
Pantano/Humedal	191,2	191,2	0	0	0
Urbano	111,2	642,7	531,4	477,69	1,9
Cuerpo de agua	66,1	66,1	0	0	0
Otros	13,3	13,3	0	0	0
Regeneración	-	-	-	-	-
Total	10 771,0	10 771,0	0	-	-

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

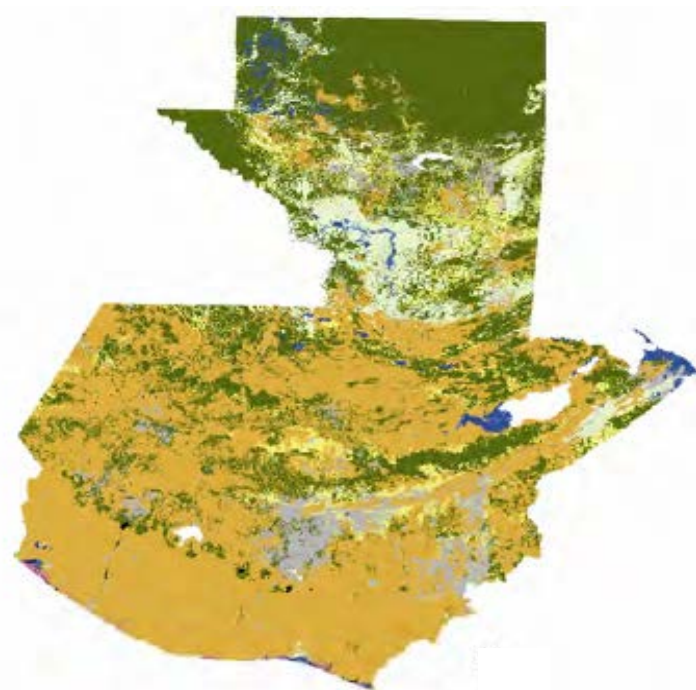
En el mapa I.1 se muestran los escenarios base (2005) y tendencial de cambio de uso de tierra para 2100. En este escenario, los departamentos con mayor superficie de bosque son el norte de Petén, Huehuetenango y San Marcos, mientras que los departamentos con mayor uso de tierra agropecuaria son Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla y Santa Rosa. En la región centro del país (Alta Verapaz, Baja Verapaz, El Progreso, Guatemala y Jalapa) el principal uso de la tierra es el de pastizales. Los humedales y pantanos se localizan en el departamento de Izabal. La proyección para 2100 indica disminución de las áreas boscosas, salvo en el norte del territorio. Las tierras de arbustos en el centro y oeste del país cambiarían su uso de suelo agropecuario. El pastoreo crecería en el sur de Petén. El suelo urbano crecería en Guatemala y Jutiapa.

El total de carbono es la suma de los acervos de carbono de los diversos usos de la tierra. Los resultados fueron obtenidos multiplicando la estimación de la densidad de carbono (Mg ha⁻¹) por el área (ha) de cada uso de suelo. Las proyecciones se estimaron por diferencia o adición de los acervos de carbono entre los tipos de uso de la tierra (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). En 2006, el acervo de carbono de Guatemala se calculó en 699.031.000 toneladas (t). De acuerdo con los escenarios de cambio climático aquí empleados, habría una disminución que podría llegar hasta los 439.050.000 t, es decir, una reducción del 37% para 2100 (véase el gráfico I.10).

MAPA I.I
GUATEMALA: ESCENARIOS DE CAMBIO DE USO DE TIERRA, 2005 (BASE) Y 2100 (TENDENCIAL)
 Cobertura natural 2005



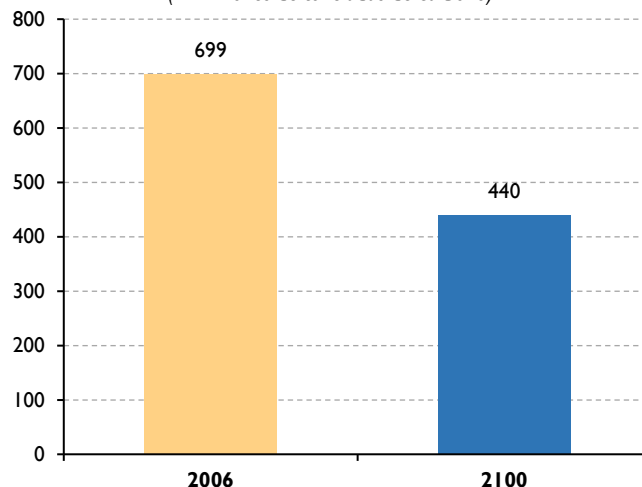
Cobertura natural 2100



Otros	Bosque	Humedal-Pantano	Cuerpo de Agua
Agropecuario	Pastizal-Sabana	Manglar	
Pastoreo	Arbustales	Zona Urbana	

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

GRÁFICO I.10
GUATEMALA: DISMINUCIÓN DE ACERVOS DE CARBONO BAJO ESCENARIO TENDENCIAL, 2006 Y 2100
 (En millones de toneladas de carbono)

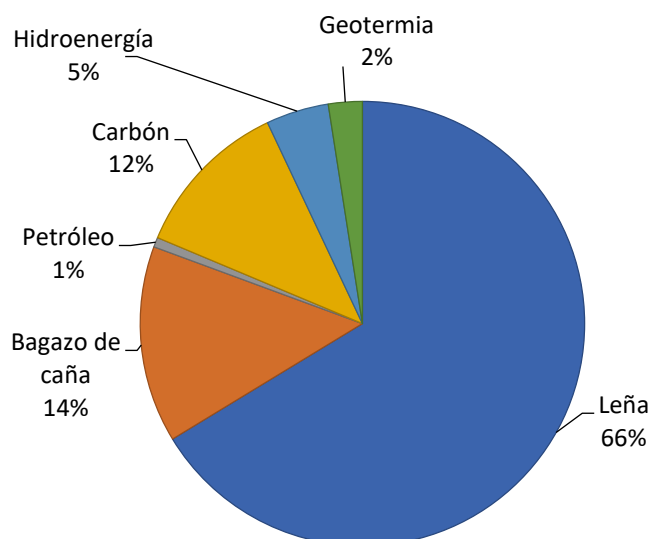


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

E. ESCENARIOS DE CONSUMO DE ENERGÍA

La estructura de la oferta total de energía primaria en Guatemala está muy desequilibrada, notoriamente cargada hacia el consumo de leña (véase el gráfico I.11), cuya participación fue del 66% en 2015, seguido por el bagazo de caña con el 14%. Por otra parte, Guatemala es altamente dependiente del exterior en hidrocarburos. Sus niveles de oferta de hidroenergía y de geotermia son bajos y el porcentaje de consumo de carbón es del 12%.

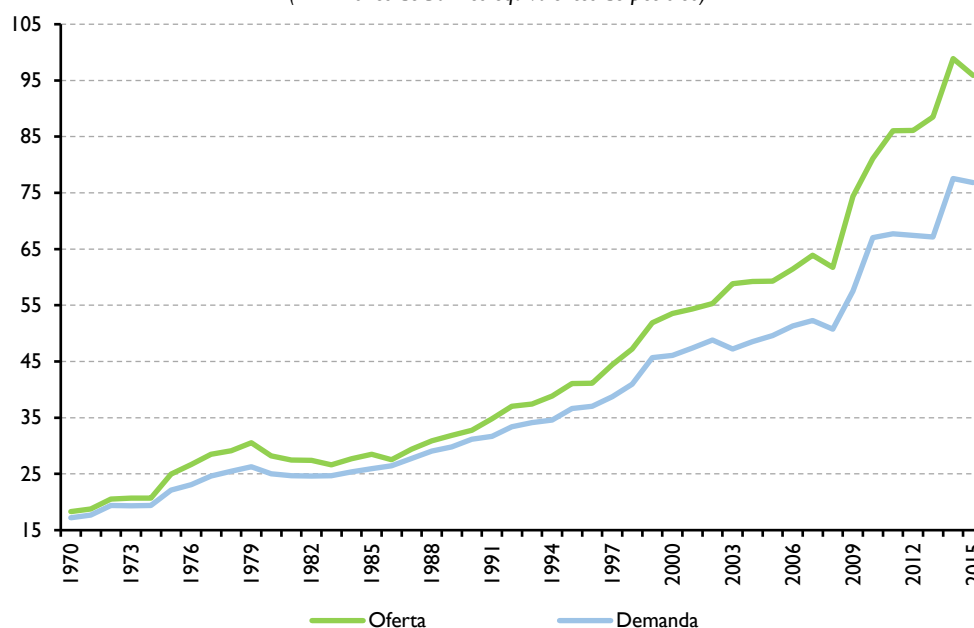
GRÁFICO I.11
GUATEMALA: OFERTA TOTAL DE ENERGÍA PRIMARIA, 2015
 (En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de OLADE, 2017.

La oferta y la demanda totales de energía en el período 1970-2015 se representa en el gráfico I.12. Durante dicho período, la oferta total de energía se incrementó en un 424% a una tasa de crecimiento anual del 3,7%, pasando de 18,3 millones de barriles equivalentes de petróleo (Mbep) en 1970 a 95,9 Mbep en 2015, mientras que la demanda en el mismo período aumentó en un 347% a una tasa de crecimiento anual del 3,4%. Los datos muestran que la disparidad entre oferta y demanda aumenta a partir de 2000. El crecimiento de la demanda energética es mayor que el crecimiento del PIB. En el período 2000-2015, la tasa de variación anual del PIB fue del 3,5%, mientras que la de demanda de energía fue del 3,6%. Esta relación no es compatible con un modelo de desarrollo sustentable.

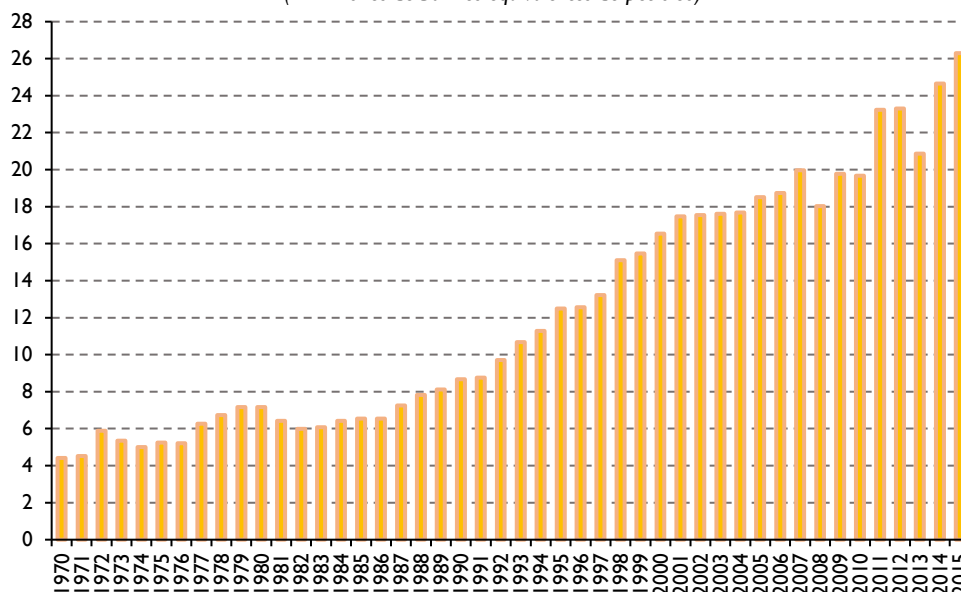
GRÁFICO I.12
GUATEMALA: OFERTA Y DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA, 1970-2015
 (En millones de barriles equivalentes de petróleo)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de OLADE, 2017.

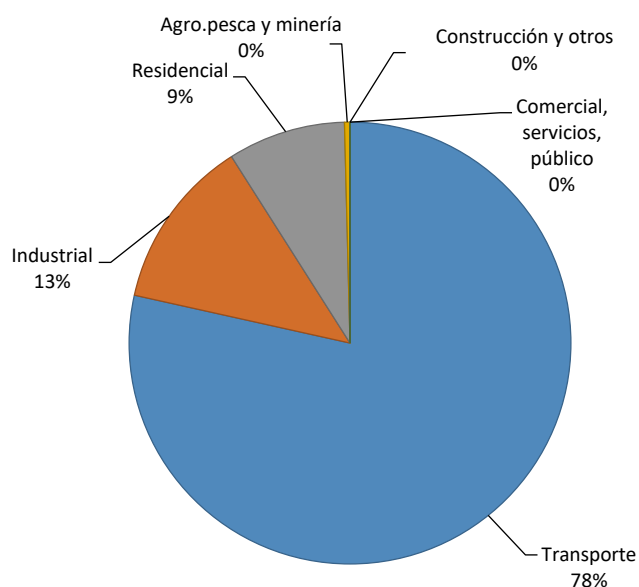
La evolución del consumo de hidrocarburos en el período 1970-2015 se representa en el gráfico I.13. Se observa una tendencia creciente, de 4,4 Mbep en 1970 a 26,3 Mbep en 2015. La dependencia de este combustible podría generar presiones importantes en la economía del país derivadas de la volatilidad en los precios. Los sectores que demandaron más hidrocarburos en 2015 fueron el transporte 78,4%; el industrial 12,5%, y los hogares el 8,6% (véase el gráfico I.14).

GRÁFICO I.13
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL CONSUMO FINAL DE HIDROCARBUROS, 1970-2015
(En millones de barriles equivalentes de petróleo)



Fuente: OLADE, 2017.

GRÁFICO I.14
GUATEMALA: CONSUMO FINAL DE HIDROCARBUROS POR SECTORES, 2015
(En porcentajes)



Fuente: OLADE, 2017.

Para elaborar la prospectiva a largo plazo (2100) y conformar la línea base se utilizaron los estudios y evaluaciones recientes de la CEPAL y de las instituciones de la integración centroamericana, en particular la Estrategia energética sustentable centroamericana 2020 (CEPAL, 2007) y los estudios de planificación indicativa del Consejo de Electrificación de América Central (CEAC)⁷. Con dichos estudios y los resultados observados en los últimos años se determinaron los escenarios de mediano

⁷ Una mayor explicación de los supuestos empleados en la construcción de escenarios se puede consultar en CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2011).

plazo (2020-2023) y de largo plazo (2023-2100). La proyección del consumo de energía se hizo a partir del escenario macroeconómico base con el modelo de planeación a largo plazo *Long Range Energy Alternatives Planning System* (LEAP).

La tasa de variación anual de la demanda de energía en el escenario base presenta un incremento hacia 2050 y después una disminución progresiva debido a las proyecciones de las tasas de crecimiento de la población. Se proyecta una tasa de variación de 0,5%, hasta 2025; de 1,8% para el período 2025-2050; de 1,7% para el período 2050-2075; de 1,1% para el período 2075-2100, y de 1,4% con una tasa promedio para el período en conjunto (véase el cuadro I.7). La demanda total de 75,68 Mbep de 2010 puede llegar a 254,79 Mbep en 2100.

CUADRO I.7
GUATEMALA: TASAS DE CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA, ESCENARIO BASE 2010-2100
(En porcentajes)

2010-2025	2025-2050	2050-2075	2075-2100	2010-2100
0,5	1,8	1,7	1,1	1,4

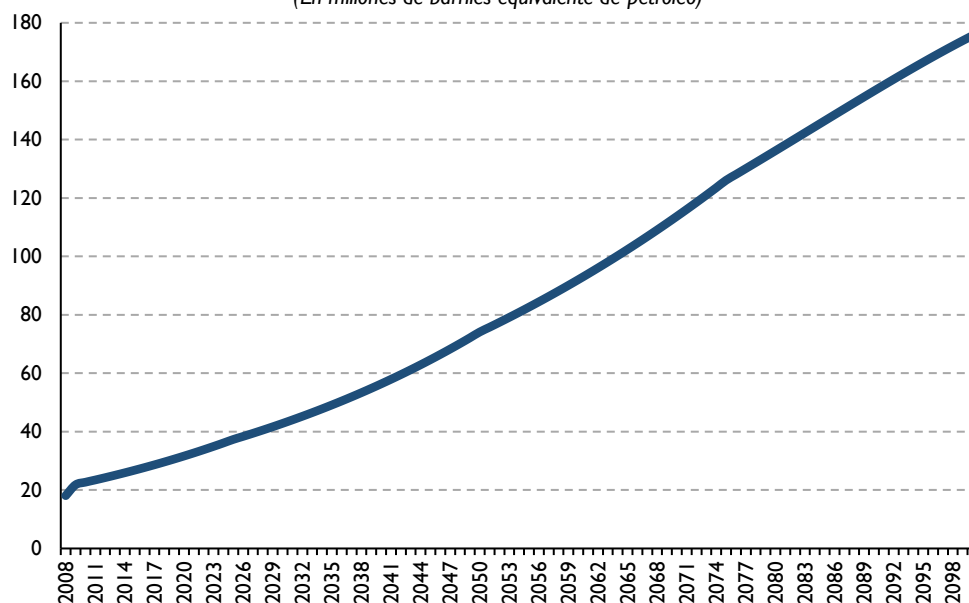
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

CUADRO I.8
GUATEMALA: DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA, HIDROCARBUROS Y ELECTRICIDAD, 2010-2100
(En millones de barriles equivalente de petróleo y GWh)

	2010	2025	2050	2075	2100
Demanda total (Mbep)	75,68	81,72	127,70	193,88	254,79
Demanda de hidrocarburos (Mbep)	22,69	37,33	74,12	126,06	175,62
Demanda de electricidad (GWh)	8 097	17 261	37 311	64 307	92 235

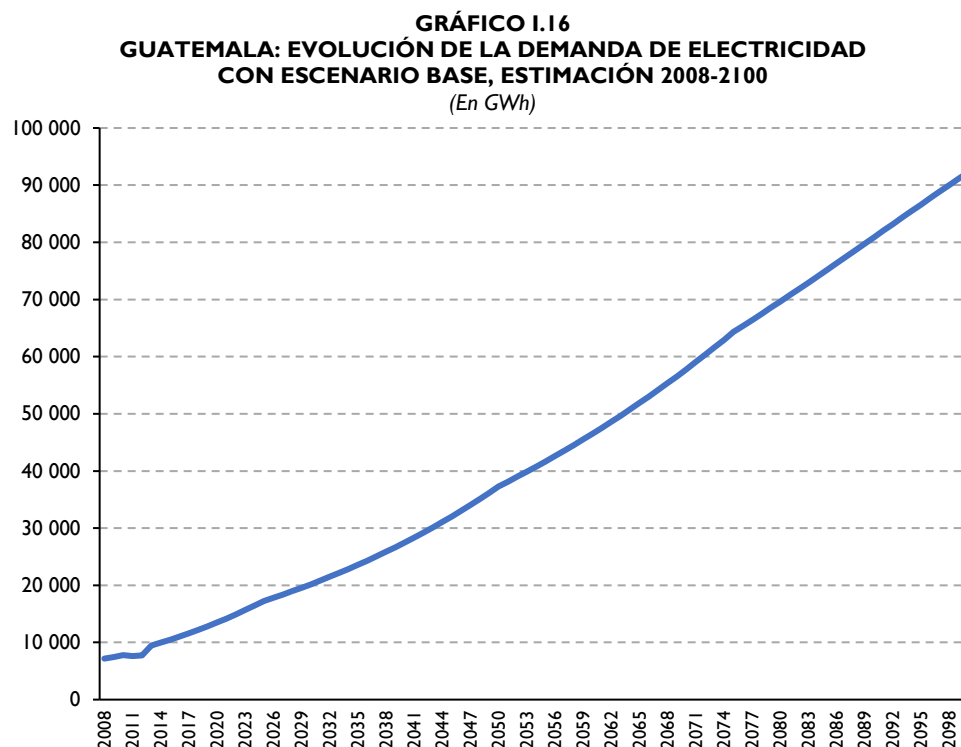
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

GRÁFICO I.15
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE DEMANDA DE HIDROCARBUROS CON ESCENARIO BASE, ESTIMACIÓN 2008-2100
(En millones de barriles equivalente de petróleo)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La demanda total de hidrocarburos en 2010 fue de 22,69 Mbep. Las proyecciones indican un incremento sostenido los siguientes años (véanse el cuadro I.8 y el gráfico I.15). En 2100 la demanda total de hidrocarburos podría ser de 175,63 Mbep, es decir, habría una tasa de crecimiento del 871% en todo el período. La proyección del consumo de energía eléctrica también muestra una tendencia creciente, de 7.788 GWh en 2010 hasta los 92.235 GWh a finales de siglo (véanse el cuadro I.8 y el gráfico I.16).



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

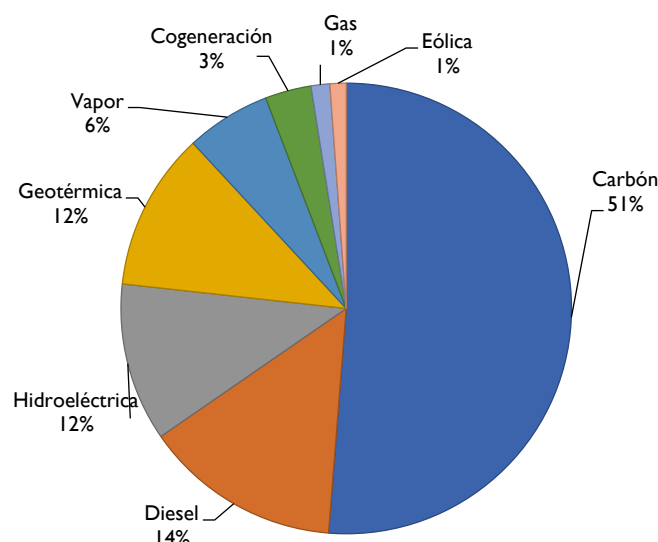
Para finales de siglo la demanda de energía eléctrica con respecto al total se concentraría en el sector industrial con 46% (véase el cuadro I.9). Asimismo, se proyecta que para 2100 la energía eléctrica se generaría principalmente con carbón (51%), siguiéndole en importancia el diésel (14%), la geotérmica (12%) y la hidroeléctrica (12%), como se representa en el gráfico I.17.

CUADRO I.9
GUATEMALA: DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTOR, ESCENARIO BASE EN 2100
(En GWh)

Total	Residencial	Comercial	Industrial	Otros
92 235	24 077	25 355	42 387	416

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

GRÁFICO 1.17
GUATEMALA. GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TIPO DE TECNOLOGÍA,
ESCENARIO BASE EN 2100
(En porcentaje)



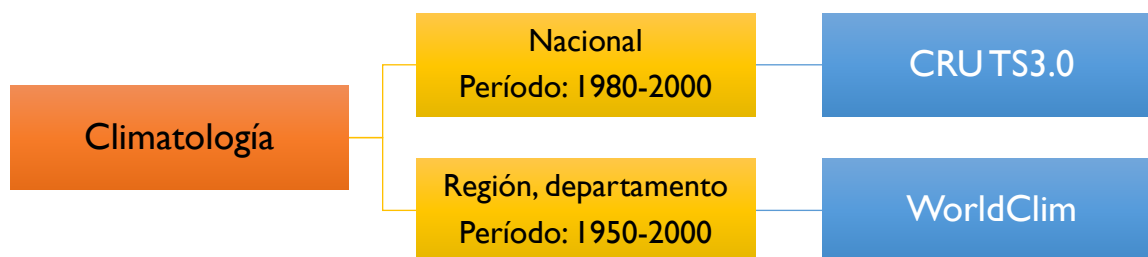
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2011).

A manera de síntesis, los modelos macroeconómicos estiman que el PIB total de Guatemala podría crecer a una tasa anual de 3,18% en el período 2008-2100 en el escenario base, con un pronóstico bajo de 2,67% y otro alto de 3,78%. La población mantendría una tendencia creciente hasta 2083, año en el que se alcanzaría un máximo de 27 millones de habitantes, para luego comenzar a disminuir suavemente hacia finales del presente siglo. El PIB real por habitante conservaría una tendencia ascendente a lo largo del presente siglo, alcanzando 3.560 dólares en 2050 y 14.934 dólares en 2100 (a precios de 2000). La evolución del CUT utilizando modelos tendenciales señala que los bosques continuarían perdiendo territorio hasta mediados de siglo hasta estabilizarse a finales de este en aproximadamente 3,48 millones de hectáreas. Por su parte, el suelo agropecuario continuaría aumentando hasta la década de 2050 cuando se estabilice en 5,24 millones de hectáreas, hasta descender a 4,92 millones de hectáreas en 2100. La demanda de energía se espera creciente hasta 2050 para luego disminuir progresivamente conforme se ralentizan las tasas de crecimiento de la población. Para el período que va de 2010 a 2100 se estima una tasa de variación de la demanda de energía promedio de 1,4%.

II. ESCENARIOS CLIMÁTICOS

Con base en la iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica (ECC CA) se han elaborado diversos análisis sobre los potenciales impactos del cambio climático en sectores económicos, por lo que se cuenta con una considerable cantidad de información sobre los niveles regional, nacional y departamental de variables climáticas y sectoriales, que es la base para evaluar dichos impactos. La información presentada en este apartado ha sido extraída de los documentos de la serie CEPAL, CCAD/SICA, UKAID Y DANIDA *La economía del cambio climático en Centroamérica: Reporte técnico* (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011), *La economía del cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales en los patrones intranuales y espaciales del clima* (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a) y *La economía del cambio climático en Centroamérica: impactos potenciales en la aridez y los meses secos* (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, COSEFIN, UKAID y DANIDA, 2012b). La información de la climatología presentada en estos documentos ha sido obtenida de diversas fuentes, cuyos datos están disponibles en mayor o menor medida, dependiendo de si son de nivel nacional o de nivel departamental. Las fuentes se describen en el diagrama II.1.

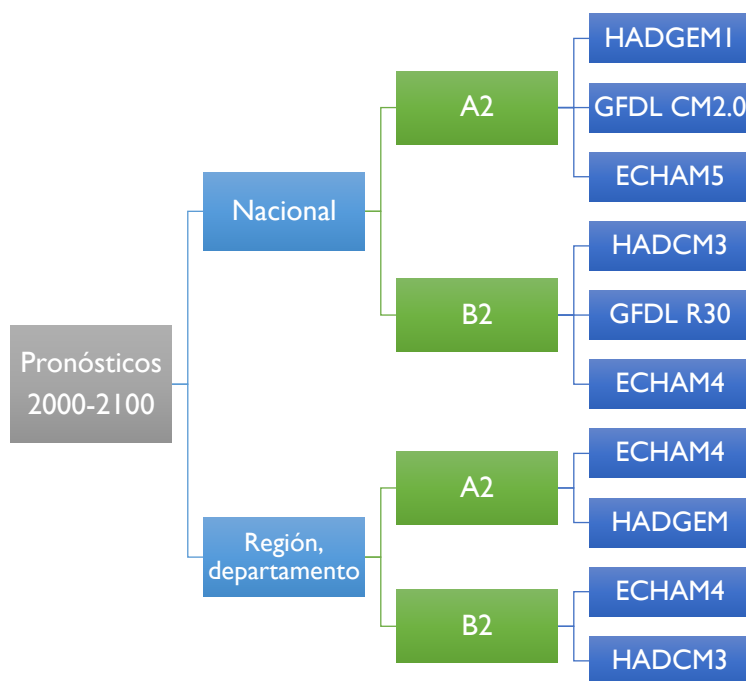
DIAGRAMA II.1
FUENTES DE INFORMACIÓN Y PERIODOS DE LA CLIMATOLOGÍA



Fuente: Elaboración propia.

Los datos anuales e intranuales nacionales y departamentales utilizados para los escenarios de cambio climático fueron obtenidos como promedios de diferentes modelos climatológicos. En el diagrama II.2 se muestran los modelos que se usaron para realizar las estimaciones de las variables climáticas de los diferentes cortes temporales hasta 2100.

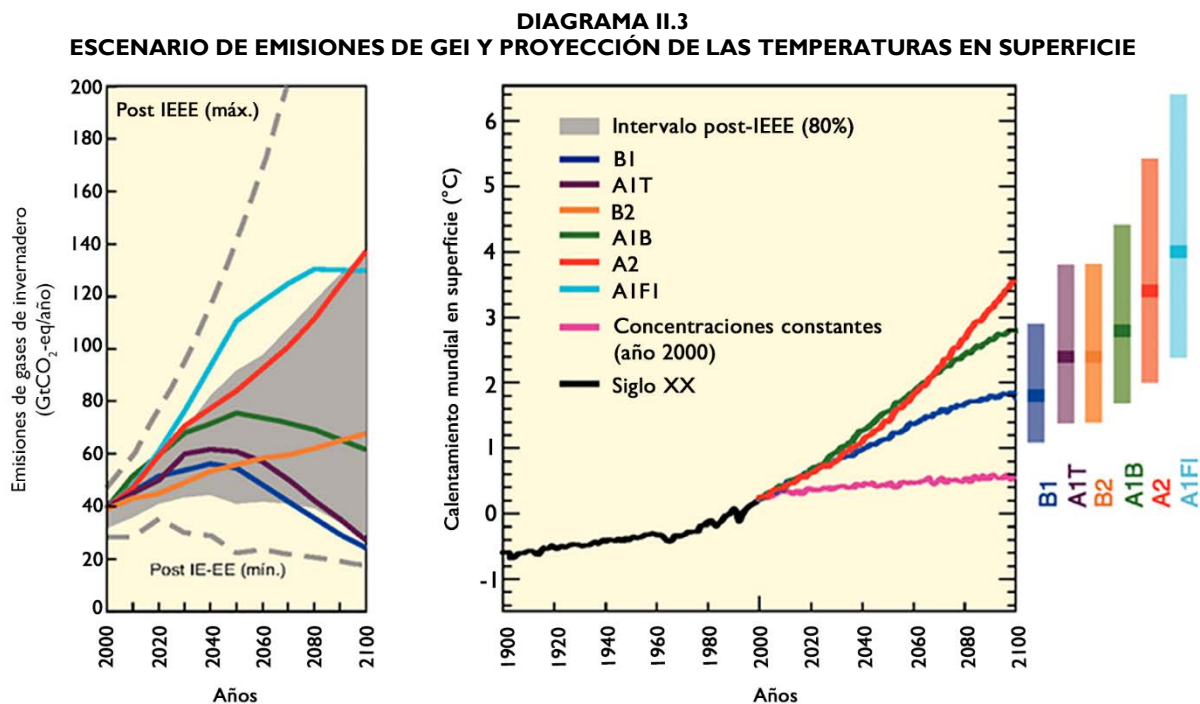
DIAGRAMA II.2
MODELOS Y ESCENARIOS EMPLEADOS DE LOS PRONÓSTICOS A 2100



Fuente: Elaboración propia.

Los escenarios de cambio climático B2 y A2 provienen del IPCC. En el escenario más pesimista (A2) se proyecta un aumento continuo de las emisiones globales de gases de efecto invernadero (GEI) que resulta en un mayor incremento de la temperatura y en una disminución sustancial de la lluvia en la mayor parte de Centroamérica. Entre los supuestos de este escenario destacan un mundo muy heterogéneo, autosuficiencia y conservación de las identidades locales, población mundial en continuo crecimiento, cambio tecnológico lento y fragmentado, y desarrollo económico orientado a las regiones (IPCC, 2007a).

En el escenario menos pesimista (B2) se prevé una trayectoria de emisiones de GEI menor que la del escenario A2, lo que resultaría en una disminución menor de la lluvia en la mayor parte de la región y en un incremento menor de la temperatura en toda la región. En este escenario predominan las soluciones locales de sostenibilidad económica, social y medioambiental, el cambio tecnológico es menos rápido y se instauran políticas de igualdad, mientras la población aumenta constantemente, pero a un ritmo menor que en A2 (IPCC, 2007a). En el gráfico II.1 se presenta la evolución del incremento de la temperatura en ambos escenarios.



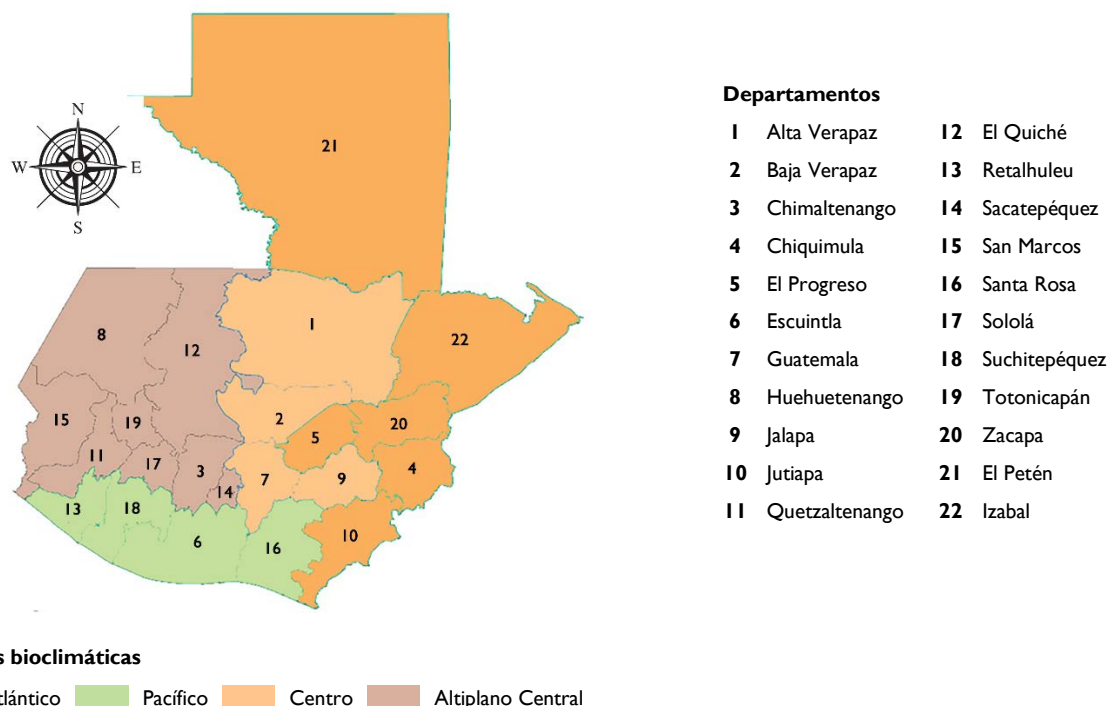
Fuente: IPCC, 2007b.

La información presentada en este capítulo se organiza de la siguiente manera:

- Por país, por departamento y por región geoclimática⁸. Con la orientación de los delegados gubernamentales y meteorólogos se definieron cuatro regiones geoclimáticas: Atlántico, Pacífico, Centro y Altiplano Occidental; su distribución y los departamentos que las componen se presentan en el mapa II.1.
- Los valores de los cortes temporales son promedios de diez años: 2020 corresponde al promedio de 2016 a 2025; 2030 al promedio de 2026 a 2035; 2050 al promedio 2046 a 2055; 2070 al promedio 2066 a 2075 y 2100 al promedio 2091 a 2100.
- Por tratarse de escenarios a largo plazo que integran diversas “capas” de análisis con incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como magnitudes exactas.

⁸ La región geoclimática aquí tomada se refiere a la clasificación para toda Centroamérica hecha para los documentos del proyecto “La economía del cambio climático en Centroamérica” y no se refiere a la regionalización climática propia del país.

MAPA II.1
GUATEMALA: CLASIFICACIÓN POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

A. TEMPERATURA

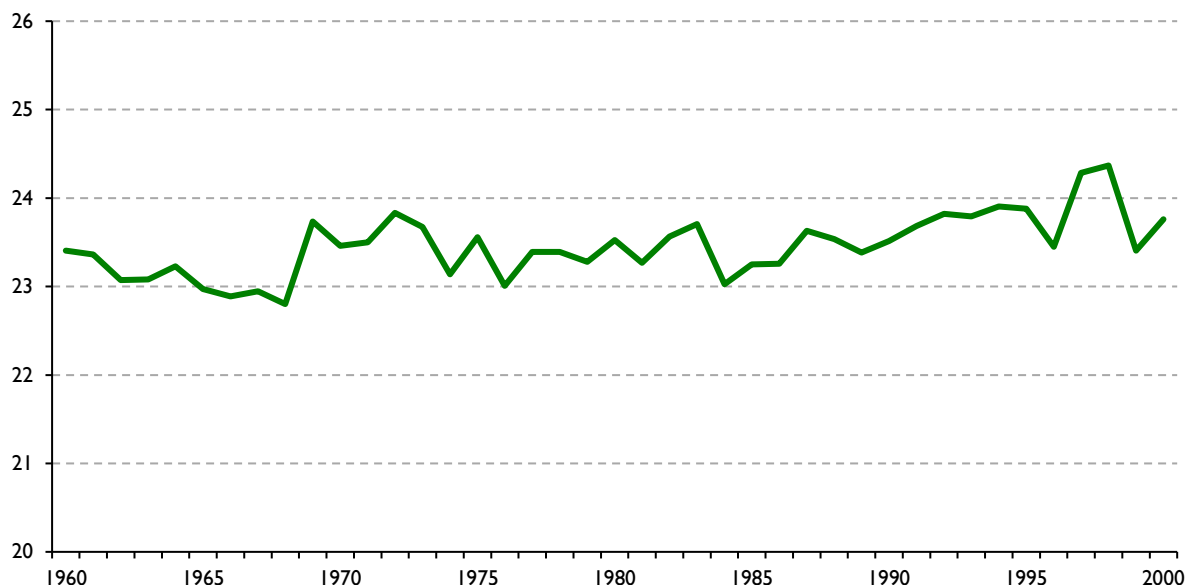
La climatología observada en el período 1960-2000 constituye la línea base o de referencia sobre la que se estiman las variaciones de temperatura en los escenarios de cambio climático. En el gráfico II.1 se muestra la temperatura media anual del país en la climatología seleccionada, donde se observa una leve tendencia ascendente iniciada a principios de la década de 1970, que se mantiene en la década de 1980 y vuelve a crecer en la década de 1990. La mayor temperatura media anual se registró en 1998 con 24,36 °C, y la menor fue en 1968. En el cuadro II.1 se presenta la temperatura promedio por decenios, donde se observa que se pasó de un promedio de 23,15 °C en la década de 1960 a 23,81 °C en la década de 1990, es decir, hubo un incremento de 0,66 °C. La temperatura media del período 1960-2000 fue de 23,45 °C.

CUADRO II.1
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA ANUAL, PROMEDIO POR DÉCADAS, 1960-2000
(En grados centígrados)

1960-1969	1970-1979	1980-1989	1990-2000
23,15	23,42	23,42	23,81

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

GRÁFICO II.1
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA ANUAL HISTÓRICA, 1960-2000
(En grados centígrados)

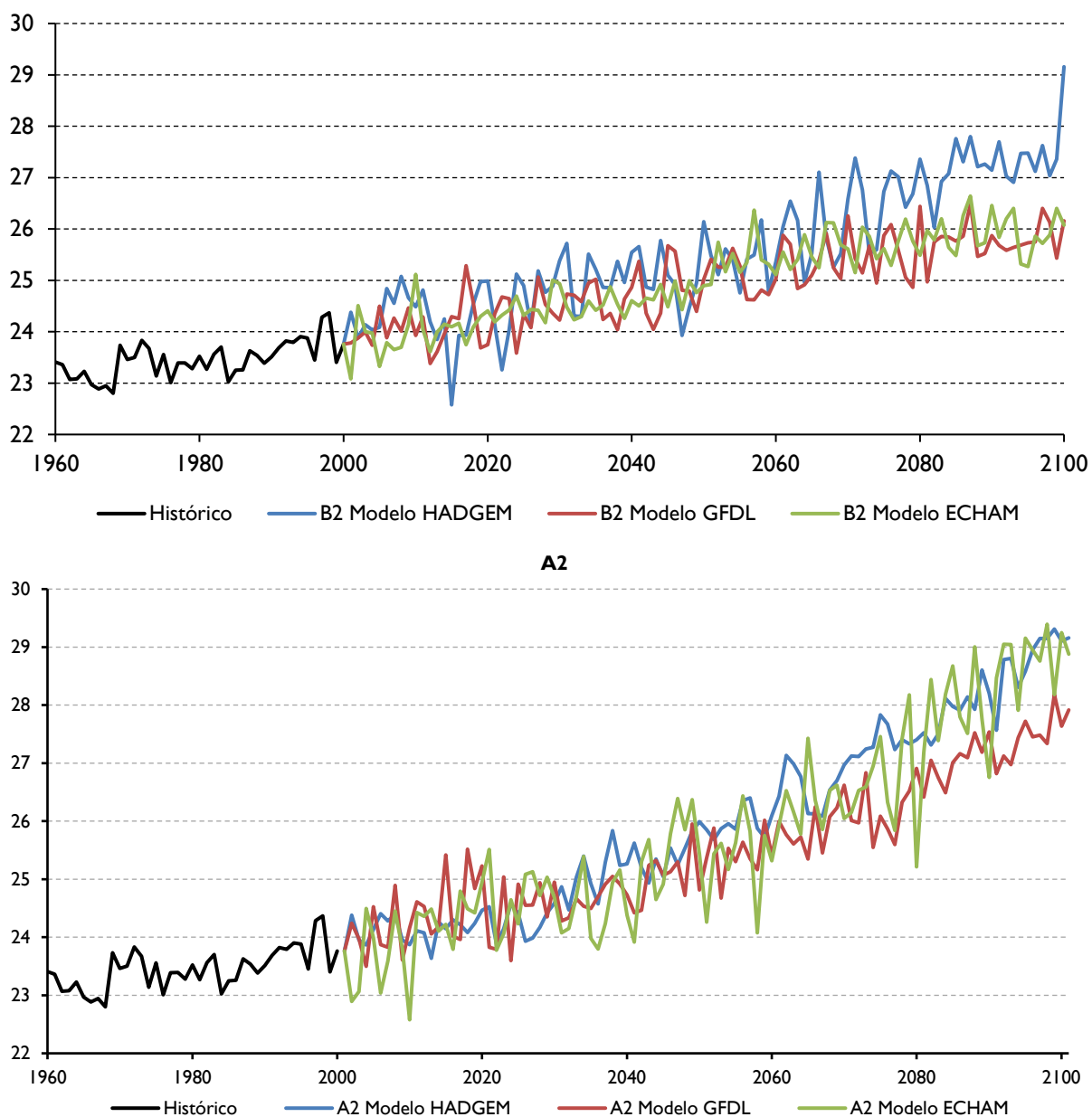


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Las proyecciones de temperatura para el período 2001-2100 a nivel nacional se realizaron con tres modelos de circulación general para cada escenario, HADCM3, GFDL R30 y ECHAM4 para B2 y HADGEM1, ECHAM5 y GFDL CM2.0⁹ para A2. En el gráfico II.2 se muestran las cifras de la temperatura media anual histórica de Guatemala (línea negra) y los resultados de los tres modelos para cada escenario (líneas de colores). En el escenario B2 el modelo HADGEM arroja un mayor incremento y una mayor varianza. La temperatura media anual pronosticada por los modelos GFDL y ECHAM para 2100 es de 25,8 °C y 25,9 °C, respectivamente, mientras que el pronóstico del modelo HADGEM es de 27,5 °C. En el escenario A2 el modelo GFDL arroja datos más conservadores que los otros dos. Los modelos estiman los siguientes resultados para 2100: 27,5 °C en el modelo GFDL, y promedios de 28,8 °C en los modelos HADGEM y ECHAM. En el escenario A2 los tres modelos tienen una varianza similar.

⁹ Los modelos HADCM3 y HADGEM1 fueron desarrollados por el Centro Hadley de Cambio Climático del Reino Unido; los modelos ECHAM4 y ECHAM5 fueron desarrollados por el Instituto de Meteorología Max Planck de Alemania, y los modelos GFDL R30 y GFDL CM2.0 fueron desarrollados por la Universidad de Princeton y la NOAA de los Estados Unidos.

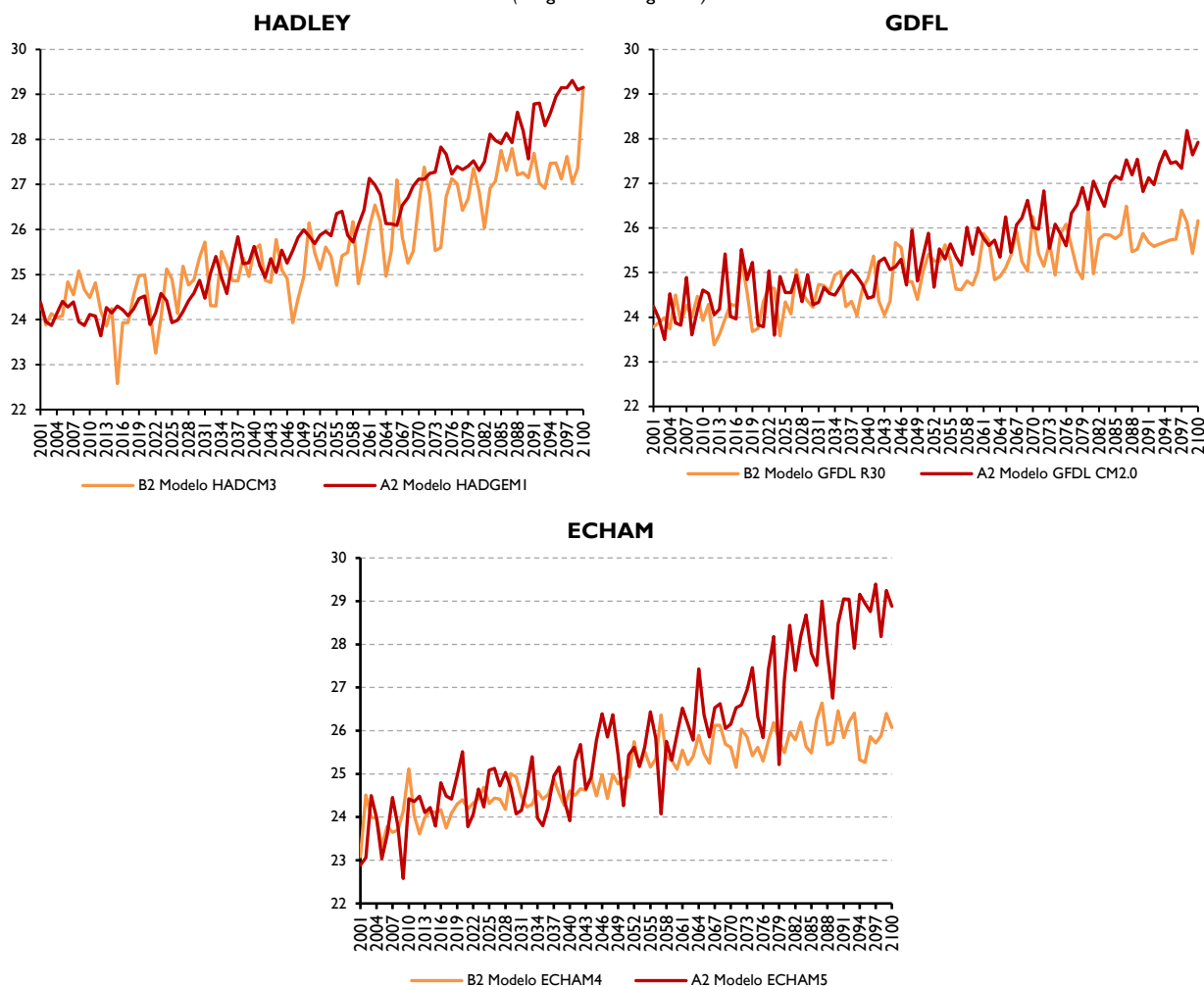
GRÁFICO II.2
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA ANUAL HISTÓRICA Y ESCENARIOS B2 Y A2
(TRES MODELOS), 1960-2100
 (En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La comparación de las proyecciones de los tres modelos para cada escenario se presenta en el gráfico II.3. Los resultados del modelo HADLEY para el período 2001-2100 muestran crecimiento en ambos escenarios sin disparidades significativas. En el modelo GFDL el aumento es muy similar bajo los dos escenarios hasta la década de 2070. Con el modelo ECHAM se proyectan mayores diferencias en ambos escenarios, abriéndose la brecha entre ellos a partir de la década de 2060. En todos los modelos se proyectan niveles de temperatura mayores en el escenario A2; el modelo que arroja mayor volatilidad para finales de siglo es ECHAM.

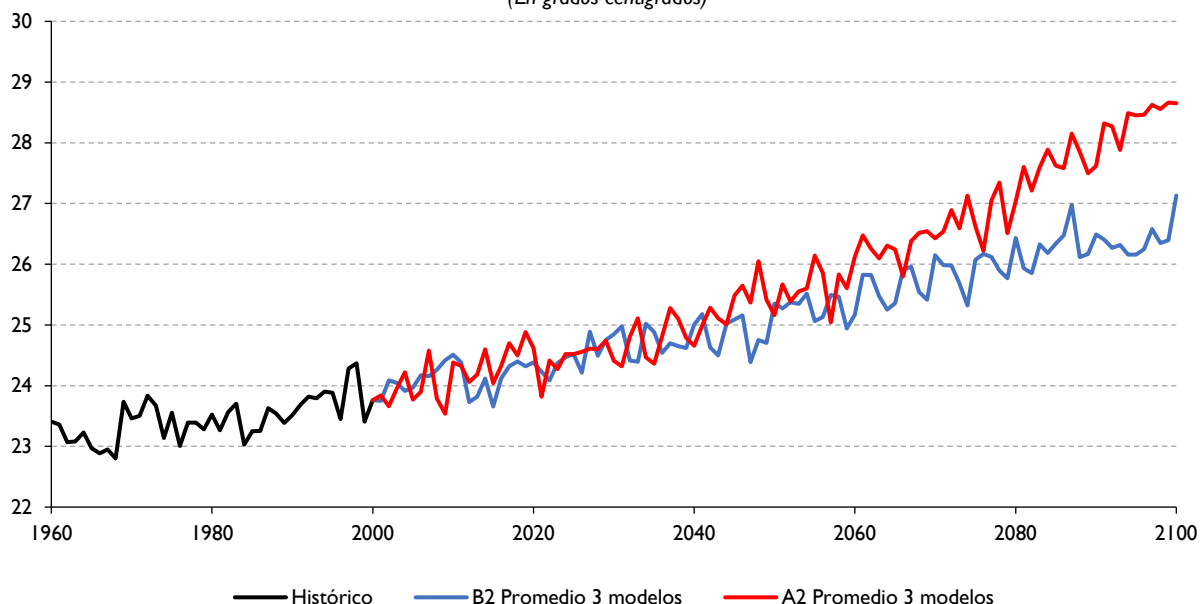
GRÁFICO II.3
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA ANUAL, MODELOS HADLEY, GDFL Y ECHAM
(ESCENARIOS B2 Y A2), 2001-2100
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

El promedio histórico y la proyección de la temperatura de los tres modelos en ambos escenarios a 2100 se presentan en el gráfico II.4, donde se observa un incremento continuo de la temperatura media anual. En A2 se proyecta un incremento mayor hasta finalizar el siglo con 28,6 °C, mientras que en el escenario B2 se proyecta una media anual de 27,1 °C, una diferencia de 1,5 °C. La brecha entre los dos escenarios es más marcada después de la década de 2070. Si se compara la temperatura media anual histórica del período 1960-2000 con la proyectada en los escenarios B2 y A2 para la última década del siglo XXI, el incremento podría llegar a 2,9 °C y a 4,9 °C, respectivamente.

GRÁFICO II.4
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA ANUAL, ESCENARIOS B2 Y A2, PROMEDIO 1960-2100
 (En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La temperatura intranual influye en diversas actividades económicas, principalmente en la agricultura, por su estrecha relación con los períodos de siembra y cosecha. La temperatura mensual podría registrar incrementos diferentes entre los meses. Para el análisis mensual se dispone de información de 1980 a 2000; para los pronósticos se usaron los promedios de los modelos HADLEY, GFDL y ECHAM. En los cuadros II.2 y II.3 y el gráfico II.5 se presentan las proyecciones de temperatura media mensual en los escenarios B2 y A2 para los cortes 2020, 2030, 2050 y 2100. Se puede observar que en el registro histórico los meses más calurosos son mayo y junio con niveles de 25,2 °C. Los meses con menor temperatura son diciembre y enero con niveles de 21,7 °C y 21,4 °C, respectivamente.

En el escenario B2 se proyecta un incremento menor de la temperatura intranual y una menor variabilidad con respecto al escenario A2 (véanse los cuadros II.2 y II.3). En el escenario B2 la mayor diferencia entre el período histórico y 2100 sería de 2,99 °C en junio. El mes con menor diferencia sería enero, con un incremento de 2,29 °C con respecto al registro histórico. En contraste, en A2 los meses con mayor incremento a 2100 con respecto al histórico son julio y agosto con una diferencia de 6,07 °C y 5,63 °C, respectivamente. La menor diferencia sería en el mes con menor temperatura, enero, con 3,94 °C. De esta manera, en el escenario A2 podrían ocurrir los mayores incrementos y la mayor variación intranual.

CUADRO II.2
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL HISTÓRICA Y ESCENARIO B2,
CON CORTES A 2020, 2030, 2050 Y 2100
(En grados centígrados)

Media mensual B2						
Mes	Histórico 1980-2000	2020	2030	2050	2100	Diferencia 2100 del histórico
Enero	21,39	21,89	22,01	22,48	23,68	2,29
Febrero	22,18	23,04	23,09	23,57	25,00	2,82
Marzo	23,54	24,37	24,70	25,30	26,43	2,89
Abril	24,88	25,60	25,94	26,31	27,74	2,86
Mayo	25,22	25,61	25,87	26,45	27,75	2,53
Junio	25,18	25,84	26,21	26,61	28,17	2,99
Julio	24,52	25,37	25,69	26,07	27,49	2,97
Agosto	24,44	25,26	25,54	25,96	27,27	2,83
Septiembre	24,12	24,75	25,10	25,72	27,10	2,98
Octubre	23,64	24,29	24,50	24,96	26,07	2,43
Noviembre	22,59	23,35	23,69	24,17	25,05	2,45
Diciembre	21,73	22,46	22,81	23,30	24,10	2,37

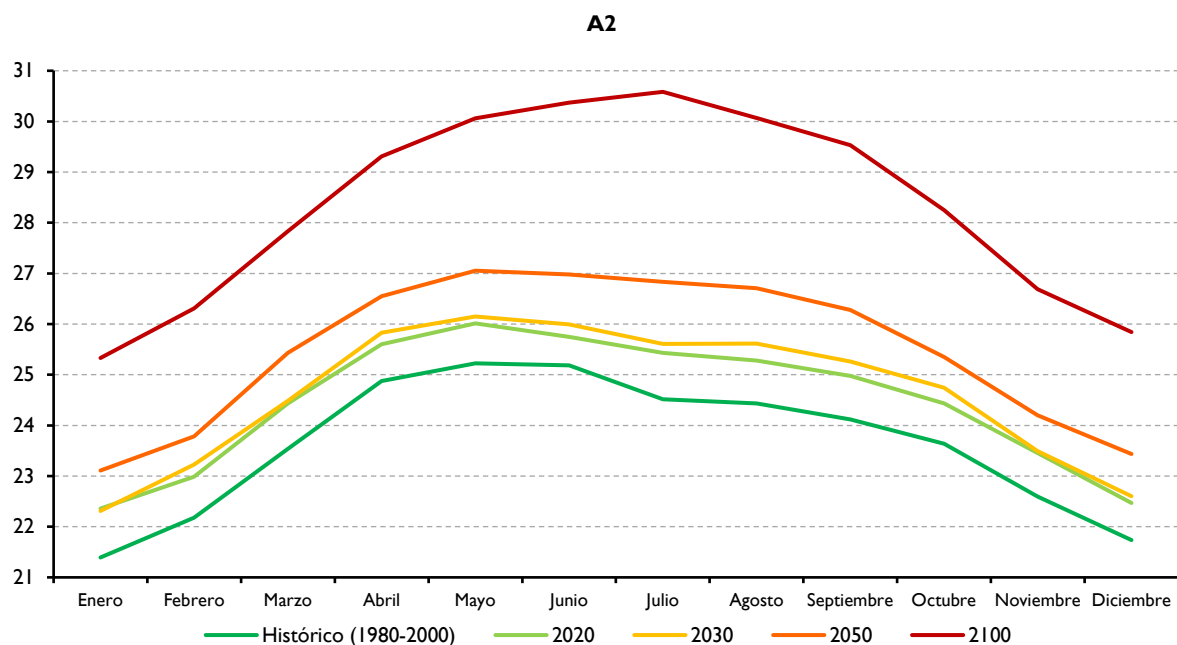
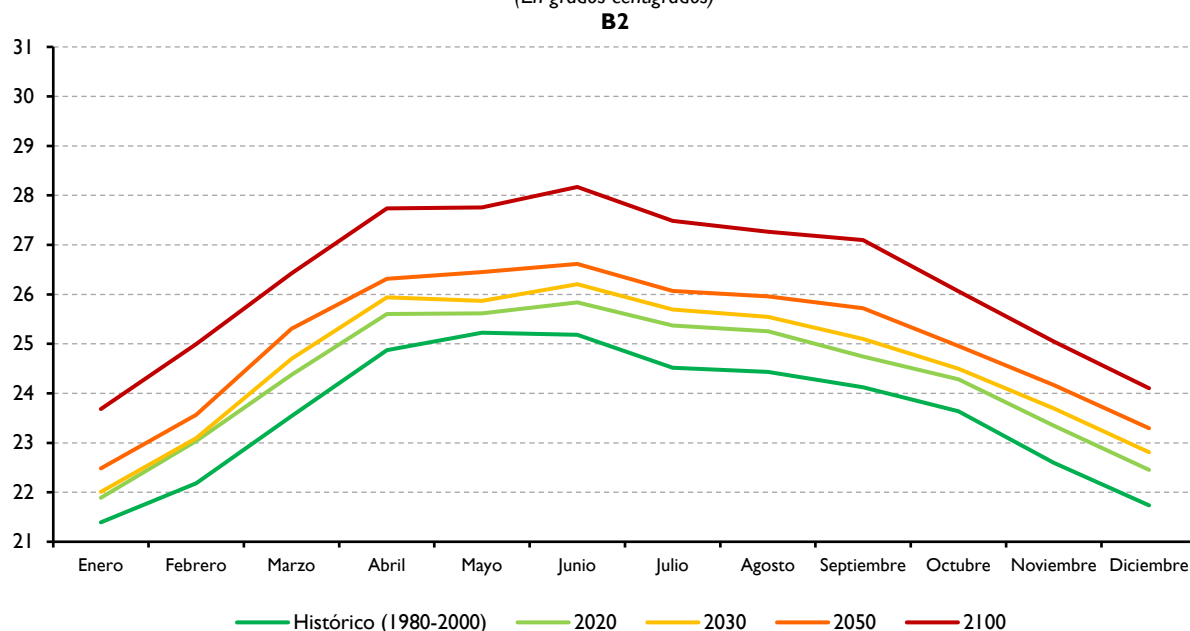
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

CUADRO II.3
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL HISTÓRICA Y ESCENARIO A2
CON CORTES A 2020, 2030, 2050 Y 2100
(En grados centígrados)

Media mensual A2						
Mes	Histórico 1980-2000	2020	2030	2050	2100	Diferencia 2100 del histórico
Enero	21,39	22,36	22,31	23,11	25,33	3,94
Febrero	22,18	22,99	23,23	23,78	26,31	4,13
Marzo	23,54	24,43	24,48	25,43	27,83	4,29
Abril	24,88	25,60	25,83	26,55	29,31	4,43
Mayo	25,22	26,01	26,15	27,05	30,06	4,84
Junio	25,18	25,75	25,99	26,98	30,37	5,18
Julio	24,52	25,43	25,61	26,83	30,58	6,07
Agosto	24,44	25,28	25,61	26,71	30,07	5,63
Septiembre	24,12	24,98	25,26	26,27	29,53	5,41
Octubre	23,64	24,44	24,74	25,35	28,25	4,61
Noviembre	22,59	23,45	23,49	24,20	26,69	4,09
Diciembre	21,73	22,47	22,60	23,44	25,84	4,11

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

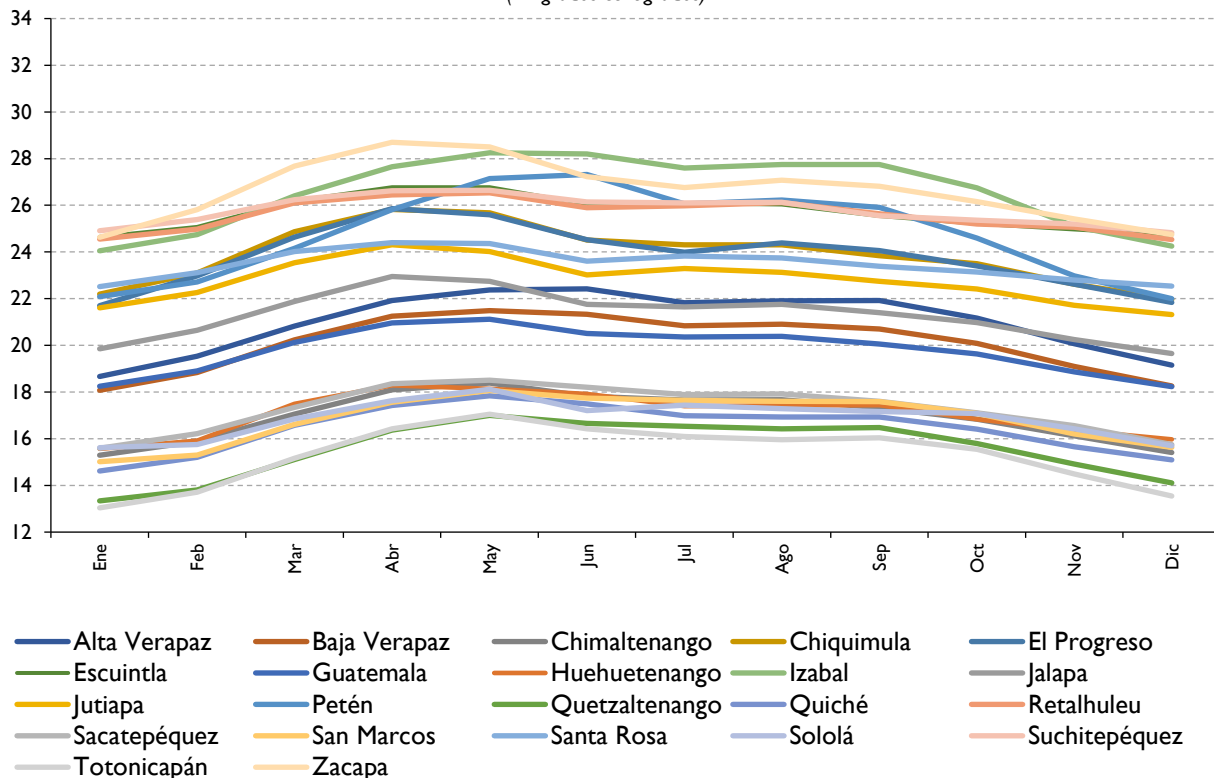
GRÁFICO II.5
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL HISTÓRICA Y ESCENARIOS B2 Y A2,
CON CORTES A 2020, 2030, 2050 Y 2100
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

Por sus distintas características geográficas de altura sobre el nivel del mar, latitud y montañas, las regiones de Guatemala presentan un rango amplio de temperatura. Por esta razón es útil contar con análisis por departamentos y por regiones geoclimáticas, cuya información del período 1950-2000 se obtuvo de la base de datos de WorldClim con una alta resolución. Para proyectar los escenarios a 2100 se utilizaron los promedios de los modelos ECHAM4 y HADCM3 para B2 y ECHAM4 y HADGEM1 para A2. Los departamentos con mayor temperatura media son Zacapa (26,63 °C), Suchitepéquez (25,76 °C) y Retalhuleu (25,59 °C). Los meses con mayores niveles de temperatura son abril y mayo. El departamento con menor nivel temperatura es Totonicapán con 15,29 °C en enero (véase el gráfico II.6).

GRÁFICO II.6
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO 1950-2000
 (En grados centígrados)

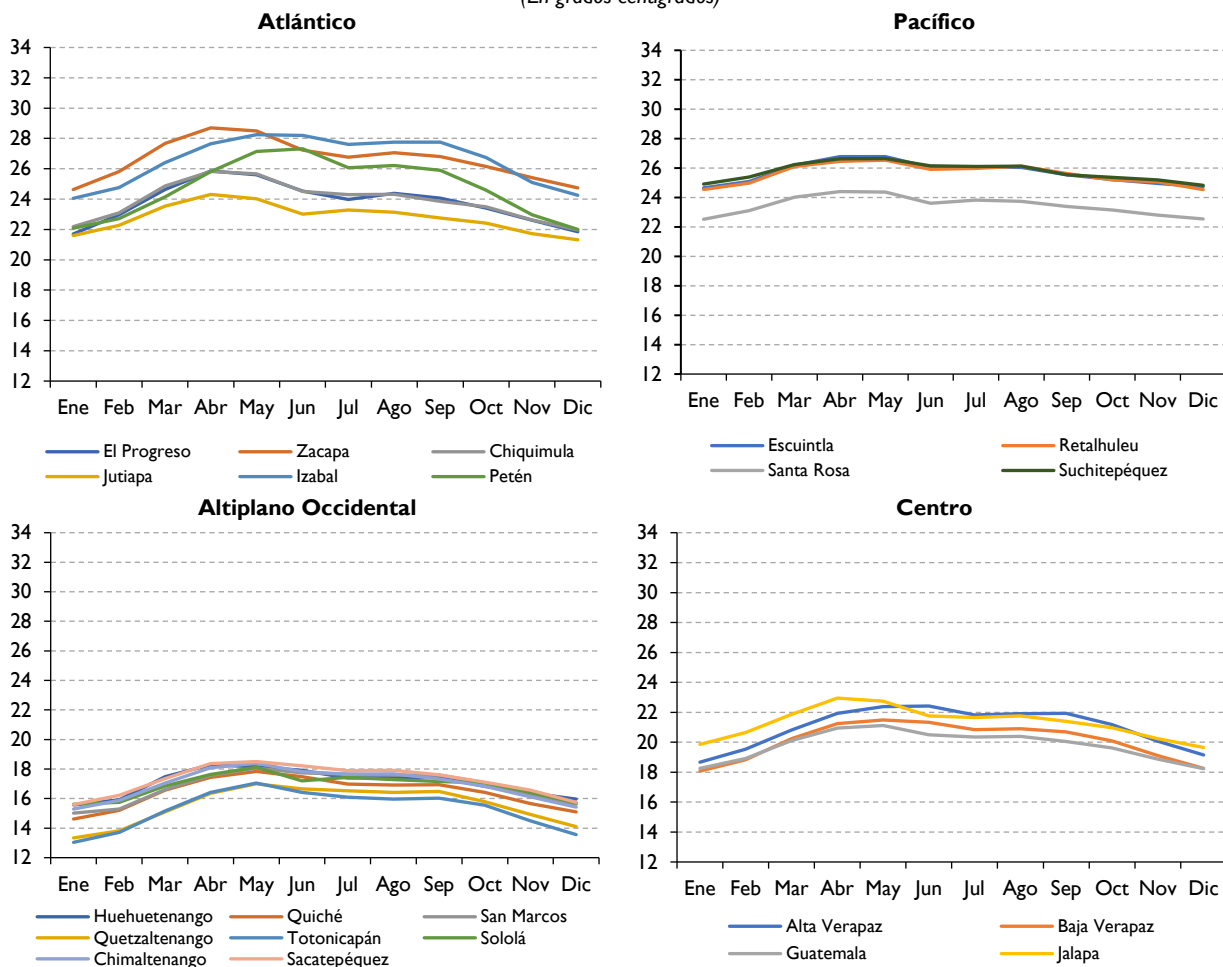


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

En el gráfico II.7 se observa que hay grupos de departamentos con diferentes patrones de temperatura, lo que se explica por las regiones geoclimáticas de Centroamérica propuestas en el documento *Impactos potenciales en los patrones intraanuales y espaciales del clima* (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a). Estas regiones se presentan en el gráfico II.8. Se observa que la región Atlántico presenta las mayores temperaturas y las mayores variaciones entre departamentos, en contraste con la región del Altiplano Occidental, cuyas temperaturas son más bajas y homogéneas. Las regiones donde los departamentos presentan niveles y comportamientos de temperatura similares entre los departamentos son Altiplano Occidental y Centro.

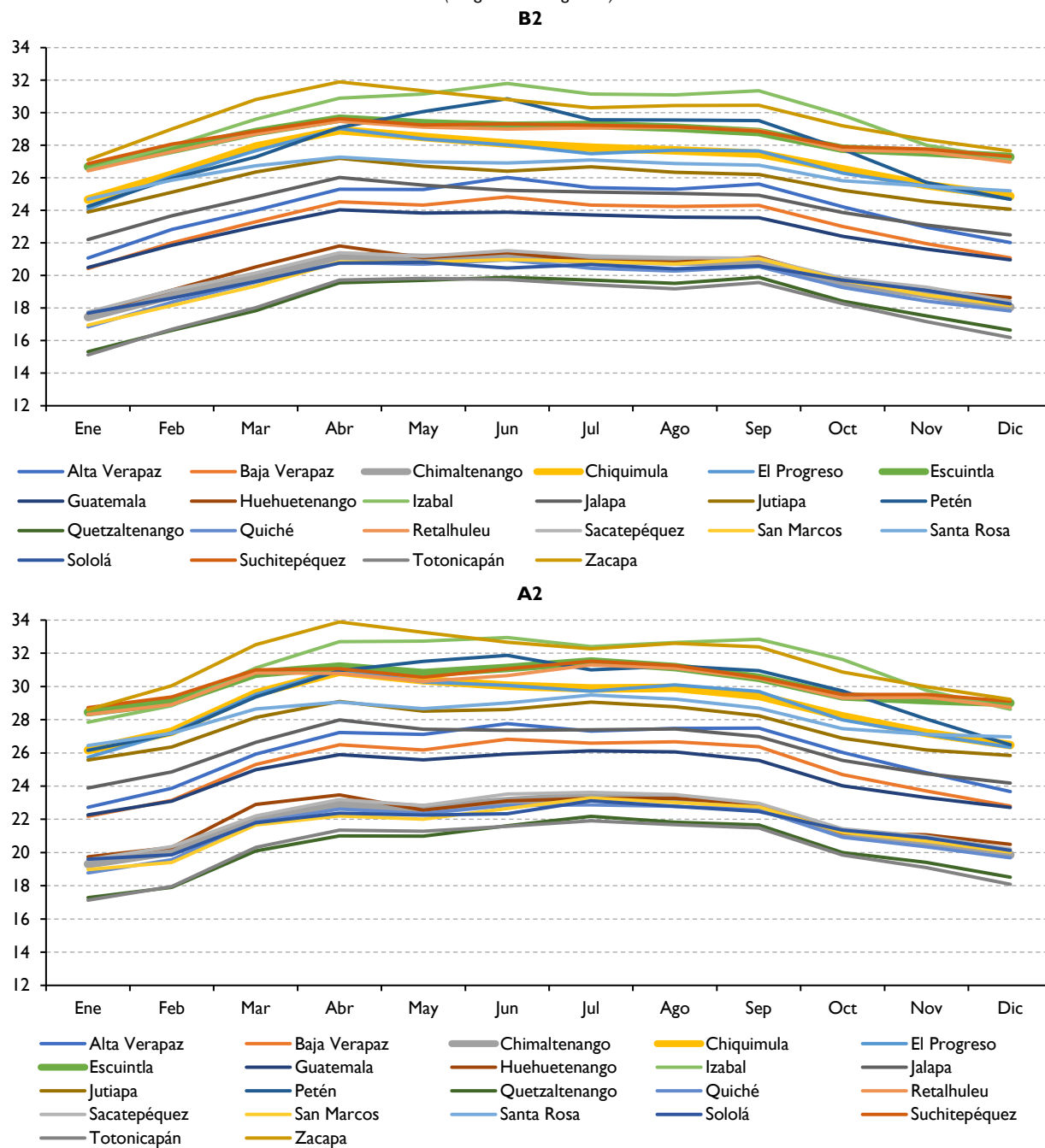
Considerando las proyecciones de la temperatura media mensual por departamentos para 2100 en el escenario B2 (véase el gráfico II.9), el departamento con mayor temperatura sería Zacapa con niveles de 31,90 °C y 31,36 °C en abril y mayo, respectivamente. Izabal podría llegar a 31,80 °C en junio y a 31,15 °C en mayo y julio. En el escenario A2 los aumentos serían mayores: Zacapa con 33,89 °C en abril (diferencia de 2 °C con respecto a B2), e Izabal con 32,95 °C en junio (diferencia de 1,15 C con respecto a B2).

GRÁFICO II.7
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA
Y POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO 1950-2000
 (En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

GRÁFICO II.8
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2 Y A2 A 2100
 (En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

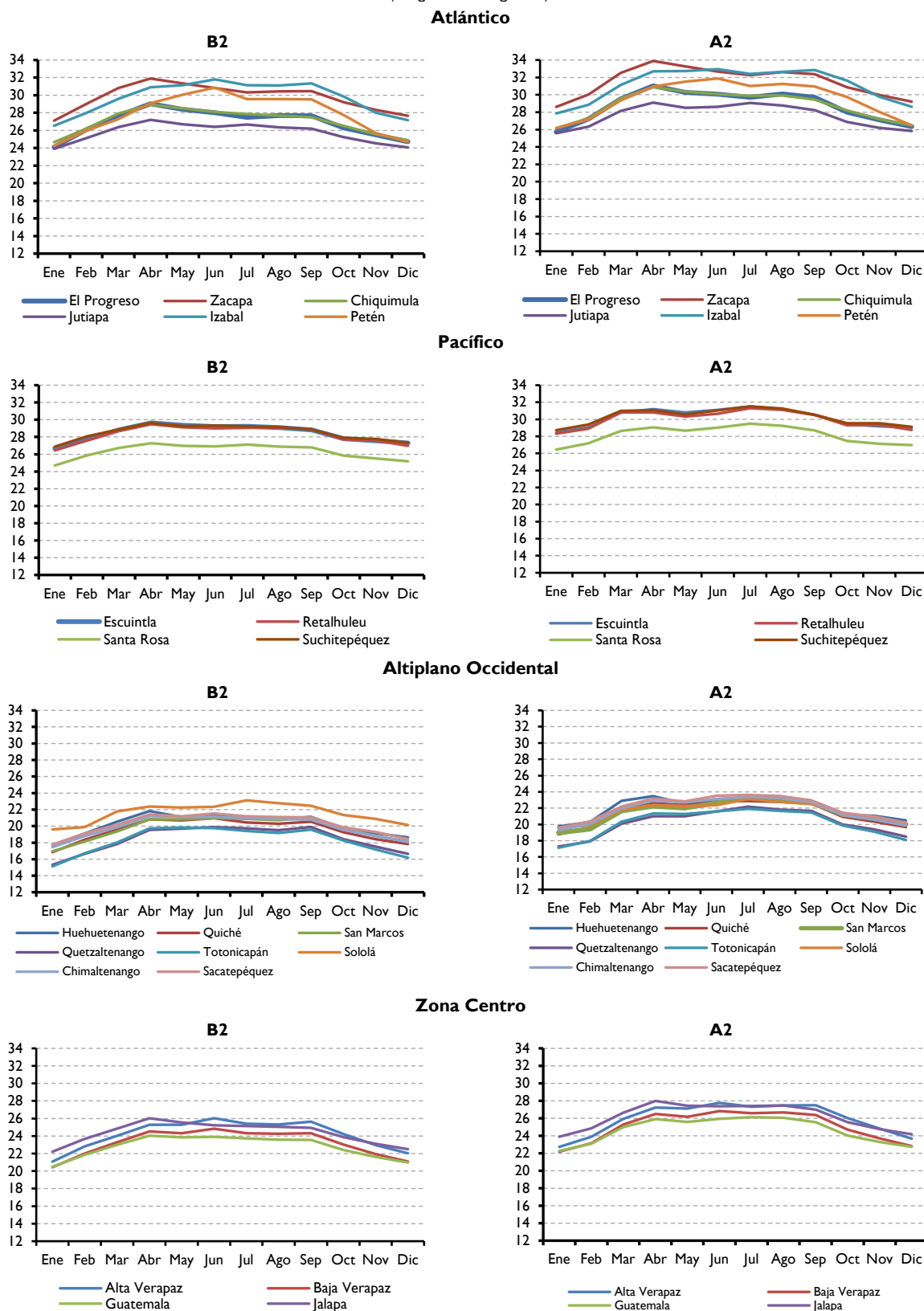
En el gráfico II.9 se presentan las proyecciones de temperatura media anual por región geoclimática en ambos escenarios a 2100. En el escenario B2, las proyecciones para la región Atlántico arrojan una media anual de 27,83 °C con una desviación estándar de 0,92 °C. El departamento con mayor temperatura sería Izabal con 31,80 °C en junio, es decir, con un incremento de 3,60 °C con respecto al promedio histórico. Izabal sería el departamento con mayor aumento anual, 3,17 °C, seguido por Zacapa con 3,16 °C. En el escenario A2 se proyecta una temperatura media mensual de 29,54 °C con una desviación estándar de 1,39 °C y una diferencia de 1,73 °C con respecto a B2, a 2100. Los departamentos con mayor temperatura media anual serían Zacapa con 31,53 °C e Izabal con 31,18 °C. El departamento que podría presentar un mayor incremento de temperatura anual sería El Progreso, con 4,94 °C con respecto al promedio histórico.

En la región del Pacífico, en el escenario B2 a 2100, el promedio mensual por departamento sería 27,89 °C con una desviación estándar de 0,92 °C y un incremento de 2,77 °C con respecto al valor histórico. El departamento que podría presentar mayor temperatura anual es Suchitepéquez con 28,52 °C. El mes con mayor incremento sería abril en los departamentos Escuintla (29,63 °C) y Suchitepéquez (29,63 °C) con aumentos de 3,01 °C y 2,86 °C, respectivamente. En el escenario A2 el promedio mensual sería 29,66 °C con una desviación estándar de 0,87 °C a 2100. El departamento con mayor temperatura media anual sería Suchitepéquez con 30,27 °C, con una diferencia de 1,75 °C con respecto a B2.

En la región del Altiplano Occidental, en el escenario B2 a 2100, el promedio mensual por departamento sería de 19,47 °C con una desviación estándar de 0,66 °C y un incremento de 2,94 °C con respecto al promedio histórico. El departamento con mayor temperatura anual sería Sacatepéquez con 20,17 °C y un incremento de 2,91 °C con respecto al promedio histórico. El departamento con mayor incremento con respecto al histórico sería Huehuetenango con 3,10 °C, seguido por Quiché con 3,07 °C. En el escenario A2 el promedio mensual sería 21,33 °C con una desviación estándar de 0,70 °C, una diferencia de 1,86 °C con respecto al escenario B2 y un incremento de 4,80 °C con respecto al acumulado histórico a 2100. El departamento que tendría el mes con mayor temperatura sería Sacatepéquez con 23,62 °C en julio, es decir, con una diferencia de 2,42 °C en comparación con el escenario B2.

En la región Centro, para fines de siglo, en el escenario B2 se proyecta una temperatura media anual de 23,61 °C con una desviación estándar de 0,66 °C. En el escenario A2 sería de 25,47 °C. En el escenario B2, el departamento con el mes de mayor temperatura sería Jalapa con 26,03 °C en abril. En el escenario A2 el departamento con mayor temperatura sería Alta Verapaz con 27,76 °C en junio. Este departamento también tendría el promedio mensual más elevado con 25,95 °C, con una diferencia de 4,97 °C con respecto al promedio histórico.

GRÁFICO II.9
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA
Y POR DEPARTAMENTO, ESCENARIOS B2 y A2 A 2100
 (En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

Las proyecciones de la temperatura media anual por departamento para 2100 se presentan en el cuadro 2.4 e indican que Zacapa tendría los mayores niveles con una media de 29,78 °C en el escenario B2 y 31,53 °C en el A2. El departamento con la mayor diferencia con respecto al promedio histórico en el escenario B2 es Alta Verapaz con 23,20 °C, es decir, con un incremento de 3,19 °C. En el escenario A2 los departamentos que podrían tener los mayores incrementos serían Baja Verapaz con una media anual de 25,08 °C y Quiché con 21,43, con un incremento de 4,99 °C con respecto del promedio histórico en ambos departamentos.

CUADRO II.4
GUATEMALA: TEMPERATURA MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
HISTÓRICA Y ESCENARIOS B2 Y A2 A 2100

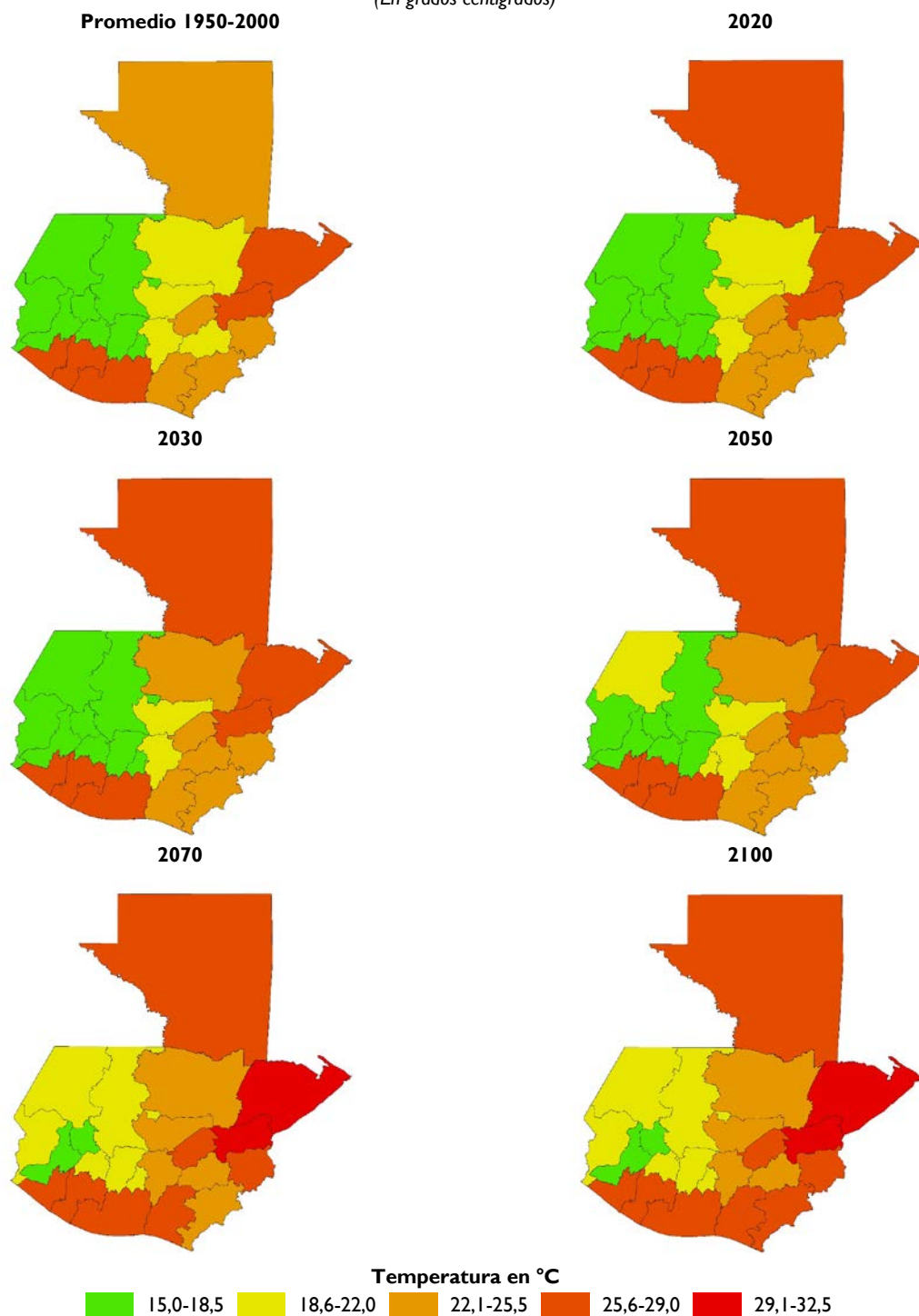
(En grados centígrados)

Departamento	Promedio 1950-2000	B2	A2
Alta Verapaz	20,98	24,17	25,95
Baja Verapaz	20,09	23,20	25,08
Chimaltenango	16,96	19,88	21,75
Chiquimula	23,89	27,02	28,79
El Progreso	23,80	26,88	28,73
Escuintla	25,67	28,43	30,18
Guatemala	19,78	22,75	24,63
Huehuetenango	17,06	20,16	22,02
Izabal	26,54	29,71	31,18
Jalapa	21,29	24,34	26,21
Jutiapa	22,78	25,73	27,61
Petén	24,75	27,86	29,54
Quetzaltenango	15,54	18,39	20,21
Quiché	16,43	19,50	21,43
Retalhuleu	25,59	28,30	30,01
Sacatepéquez	17,26	20,17	22,03
San Marcos	16,84	19,70	21,49
Santa Rosa	23,45	26,31	28,17
Sololá	16,85	19,73	21,58
Suchitepéquez	25,76	28,52	30,27
Totonicapán	15,29	18,25	20,14
Zacapa	26,63	29,78	31,53

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

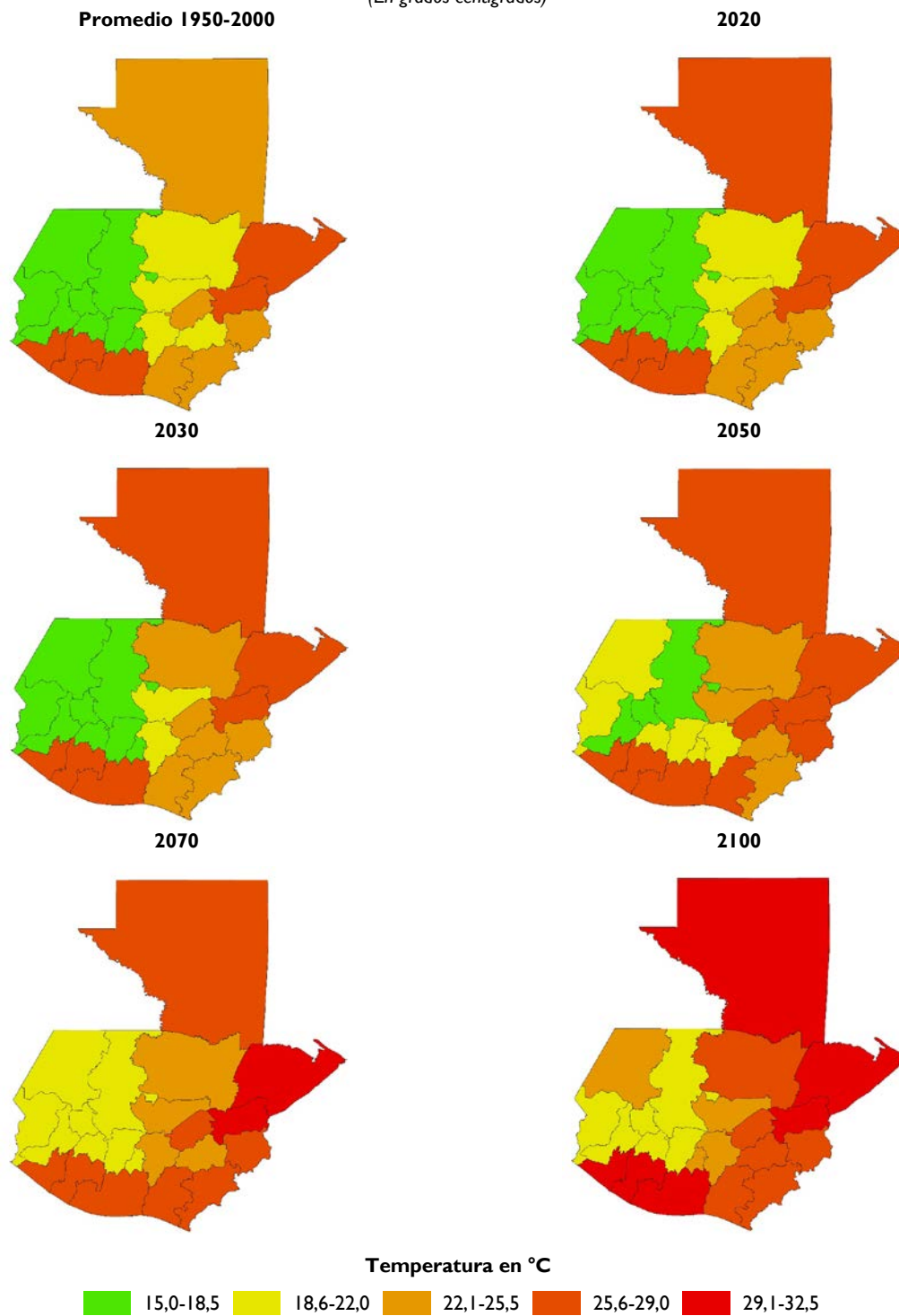
En los mapas II.2 y II.3 se presentan la temperatura media anual histórica por departamentos y los pronósticos de los escenarios en sus respectivos cortes de tiempo. Se observa que las regiones Pacífico y Atlántico tendrían las temperaturas más altas para finales del presente siglo.

MAPA II.2
GUATEMALA: TEMPERATURA MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
PROMEDIO 1950-2000, ESCENARIO B2 A 2100
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

MAPA II.3
GUATEMALA: TEMPERATURA MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO
PROMEDIO 1950-2000, ESCENARIO A2 A 2100
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

B: PRECIPITACIÓN

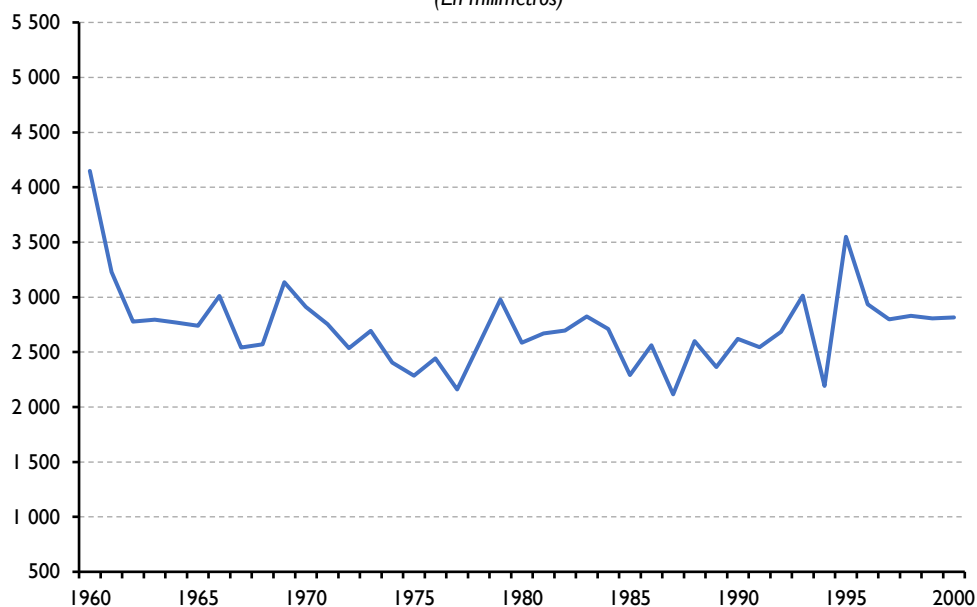
Los factores que influyen en los niveles y patrones de precipitación en las diversas regiones son altitud, latitud, corrientes atmosféricas, oceánicas globales y de mesoescala, fuentes de humedad, estaciones del año y condiciones orográficas. Para el análisis de los patrones de precipitación en Guatemala se utilizaron las mismas fuentes de información que las empleadas en temperatura. En el cuadro II.5 se presentan los registros de precipitación acumulada anual por década del período 1960-2000. Se puede observar que en la década de 1960 se registró la mayor acumulación anual del período, 2.971 mm. En las décadas de 1970 y 1980 disminuyó para aumentar ligeramente en la década de 1990 y llegar a los 2.798 mm. En el gráfico II.10 se representa la ligera disminución y la gran varianza de la precipitación. En los primeros años de la década de 1960 hubo fuertes precipitaciones que no se volvieron a presentar en el resto del período, salvo las variaciones interanuales abruptas de la década de 1990.

CUADRO II.5
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL, PROMEDIO POR DÉCADAS, 1960-2000
(En milímetros)

Década de 1960	Década de 1970	Década de 1980	Década de 1990
2 971,69	2 572,85	2 549,15	2 798,75

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

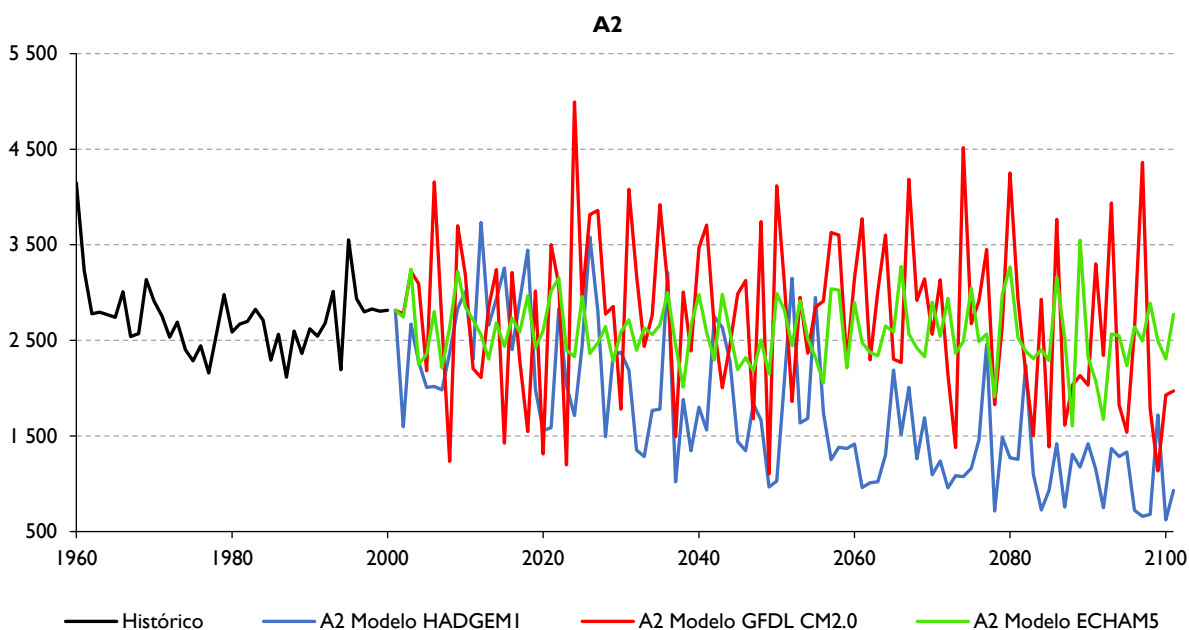
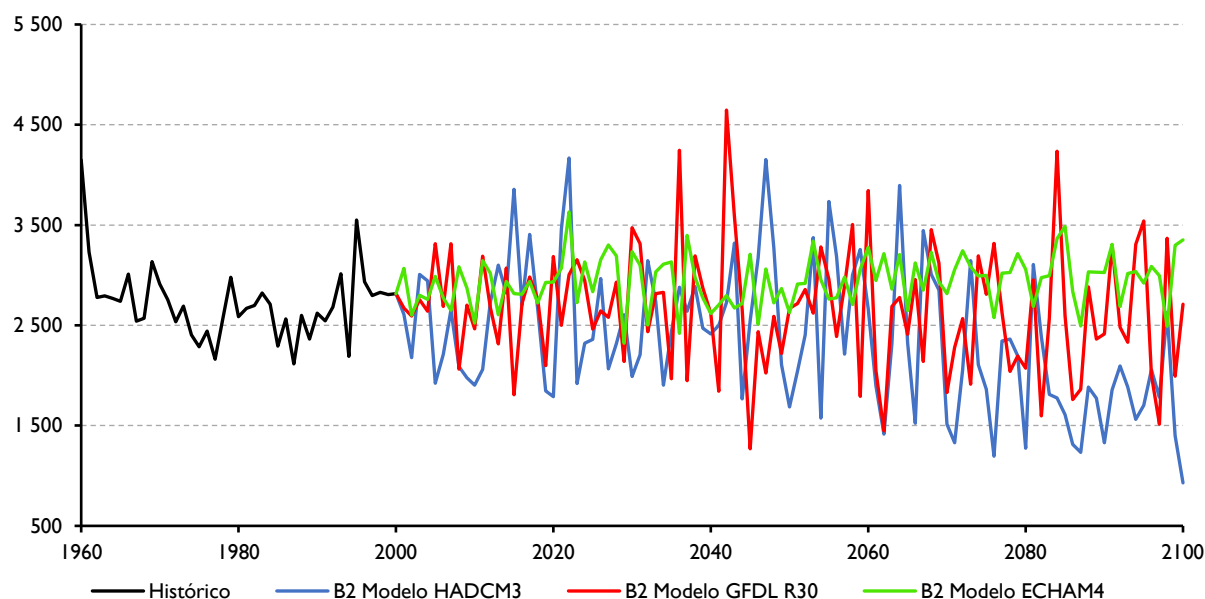
GRÁFICO II.10
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL HISTÓRICA, 1960-2000
(En milímetros)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

En el gráfico II.11 se presentan los escenarios de precipitación acumulada anual de acuerdo con los tres modelos de cada escenario, HADCM3, GFDL R30 y ECHAM4 para B2 y HADGEM1, ECHAM5 y GFDL CM2.0 para A2, de la base del CRU TS3.0, período 2001-2100 y del registro histórico 1960-2000. En ambos escenarios, los tres modelos arrojan una ligera tendencia de la precipitación a la baja, más acusada en los modelos HADCM3 y HADGEM1, pero que se separa de la media de los otros dos modelos en las décadas de 2070 y 2050, respectivamente. Se observa también una mayor variación en los tres modelos con respecto a los datos históricos. El modelo GFDL presenta una mayor volatilidad con años de mucha afluencia pluvial y otros con baja.

GRÁFICO II.11
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL, HISTÓRICA
Y ESCENARIOS B2 Y A2 (TRES MODELOS), 1960-2100
(En milímetros)
B2



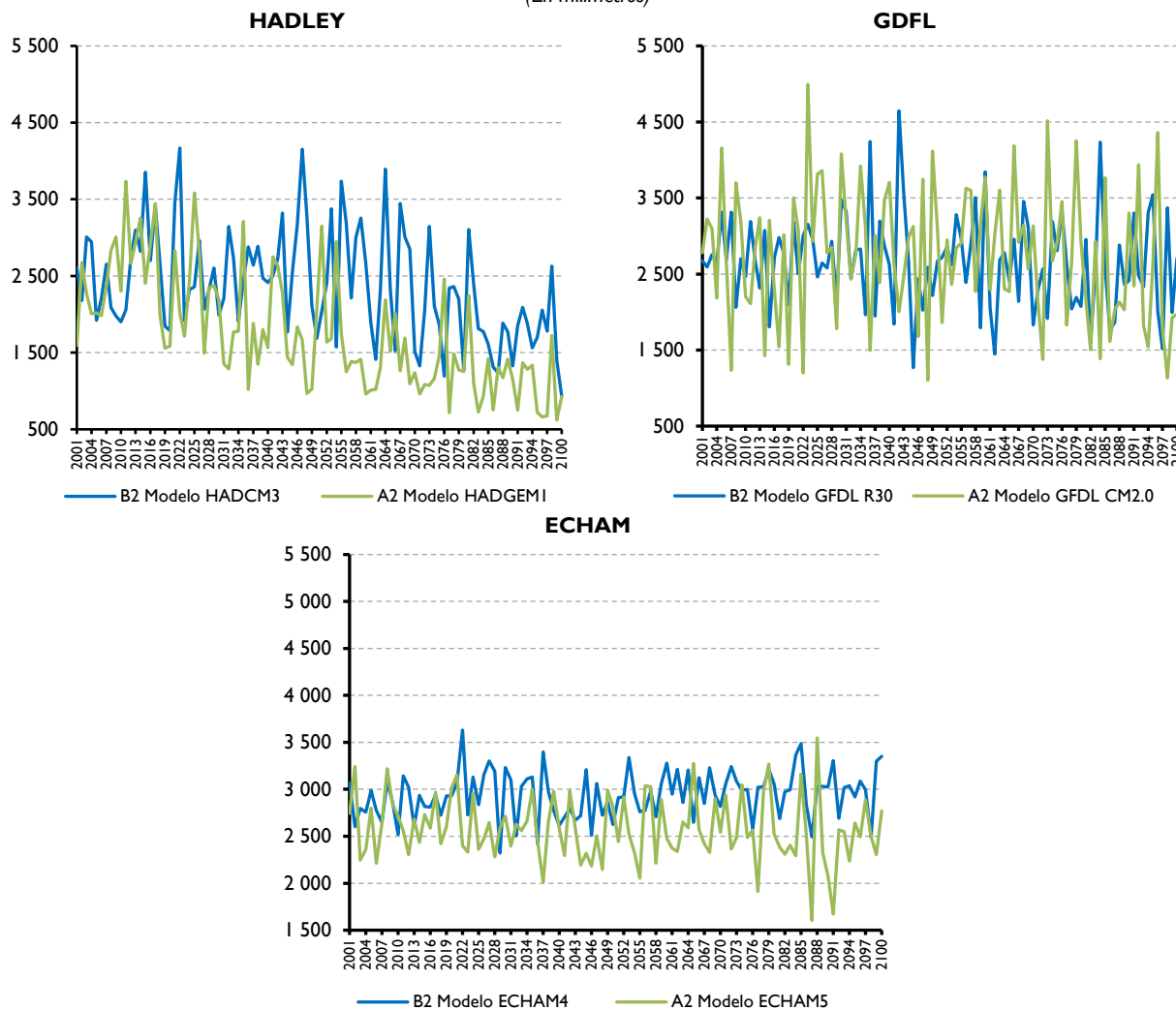
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La información de la precipitación acumulada anual en ambos escenarios, A2 y B2, se comparó con los diferentes modelos en ambos escenarios (véase el gráfico II.12). Se observa que con los modelos HADLEY se proyecta una gradual reducción en ambos escenarios, mayor a finales del siglo. El promedio para 2100 en B2 sería de 1.747 mm con una desviación estándar de 429 mm. En el escenario A2 el promedio de 2100 sería de 1.020 mm con desviación estándar de 353 mm. Los modelos GDFL pronostican mayor volatilidad con fluctuaciones más pronunciadas, lo que podría traducirse en mayores eventos extremos, aunque para final de siglo se mantendría similar al acumulado histórico de 2.723 mm (2.633 mm en B2 y 2.430 mm en A2). Finalmente, el modelo ECHAM es el que proyecta

la menor variación a lo largo del siglo, pero con una mayor precipitación acumulada anual para 2100 de 3.020 mm en B2 y 2.427 mm en A2.

GRÁFICO II.12
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL, MODELOS HADLEY, GFDL Y ECHAM
ESCENARIOS B2 Y A2, 2001-2100

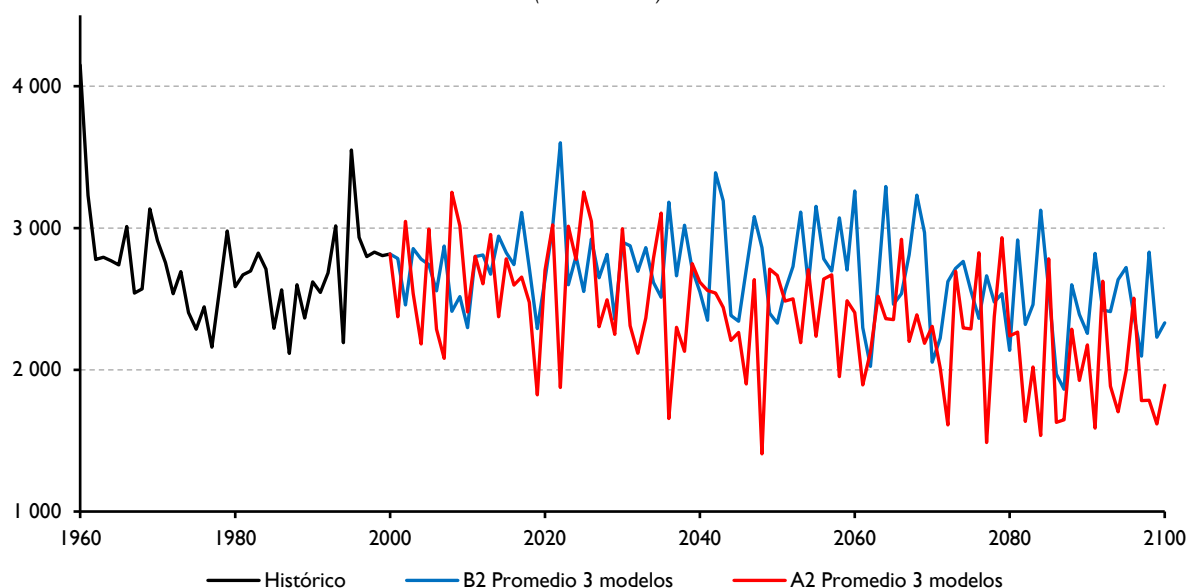
(En milímetros)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La precipitación acumulada anual de 1960 a 2100, considerando los promedios de los modelos HADLEY, GFDL y ECHAM en ambos escenarios, se muestra en el gráfico II.14. En el escenario B2 la precipitación acumulada anual al 2100 sería de 2.466 mm, equivalente a 9,4% menos que el promedio histórico. En el escenario A2 la disminución podría alcanzar el 28,1%, equivalente al promedio de 1.959 mm. El escenario A2 proyecta más variaciones con tendencia a menores precipitaciones que el escenario B2.

GRÁFICO II.13
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL, ESCENARIOS B2 Y A2, PROMEDIO 1960-2100
 (En milímetros)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Las proyecciones de precipitación mensual son muy relevantes para la agricultura debido a que el mayor o menor volumen de lluvia es determinante para los ciclos de producción. De acuerdo con los promedios nacionales históricos (1980-2000), los períodos son dos, el de meses secos, de diciembre a abril, con un promedio mensual de 78 mm, y el lluvioso, de mayo a octubre, con un promedio mensual de 354 mm (véase el cuadro II.6). El mes con mayor nivel de precipitación es septiembre con 447 mm, seguido por junio con 397 mm; en contraste, el mes de febrero presenta el menor nivel con 52 mm.

CUADRO II.6
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTÓRICA Y ESCENARIO B2
CON CORTES A 2020, 2030, 2050 Y 2100
 (En milímetros)

Mes	Media mensual B2					Tasa de crecimiento 2100 con respecto al histórico
	Histórico 1980-2000	2020	2030	2050	2100	
Enero	74,71	36,32	44,96	38,39	32,42	-56,60
Febrero	51,60	34,87	39,68	35,77	29,49	-42,86
Marzo	66,29	67,17	64,35	64,59	56,25	-15,15
Abril	95,81	177,89	177,10	177,59	146,83	53,25
Mayo	246,87	457,17	443,69	419,88	428,61	73,61
Junio	397,06	530,35	524,36	526,39	415,12	4,55
Julio	352,53	374,51	373,55	402,41	360,36	2,22
Agosto	349,85	342,90	331,71	290,82	275,89	-21,14
Septiembre	447,06	347,64	362,72	375,13	313,10	-29,96
Octubre	332,50	263,33	290,89	298,84	232,51	-30,07
Noviembre	158,43	87,97	82,07	94,98	92,88	-41,38
Diciembre	103,80	43,78	51,22	48,75	55,01	-47,01

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

Los patrones de precipitación mensual prevista en el escenario B2 en diferentes cortes temporales se presentan en el cuadro II.6 y el gráfico II.14. Se observa un cambio progresivo en los patrones con respecto al período histórico. Para fines de siglo los meses con mayor precipitación serían mayo con 429 mm y junio con 415 mm. Los meses con mayores incrementos serían mayo con 74 mm y abril con 53 mm. El mes con mayor disminución sería enero con 57 mm en comparación con el promedio histórico.

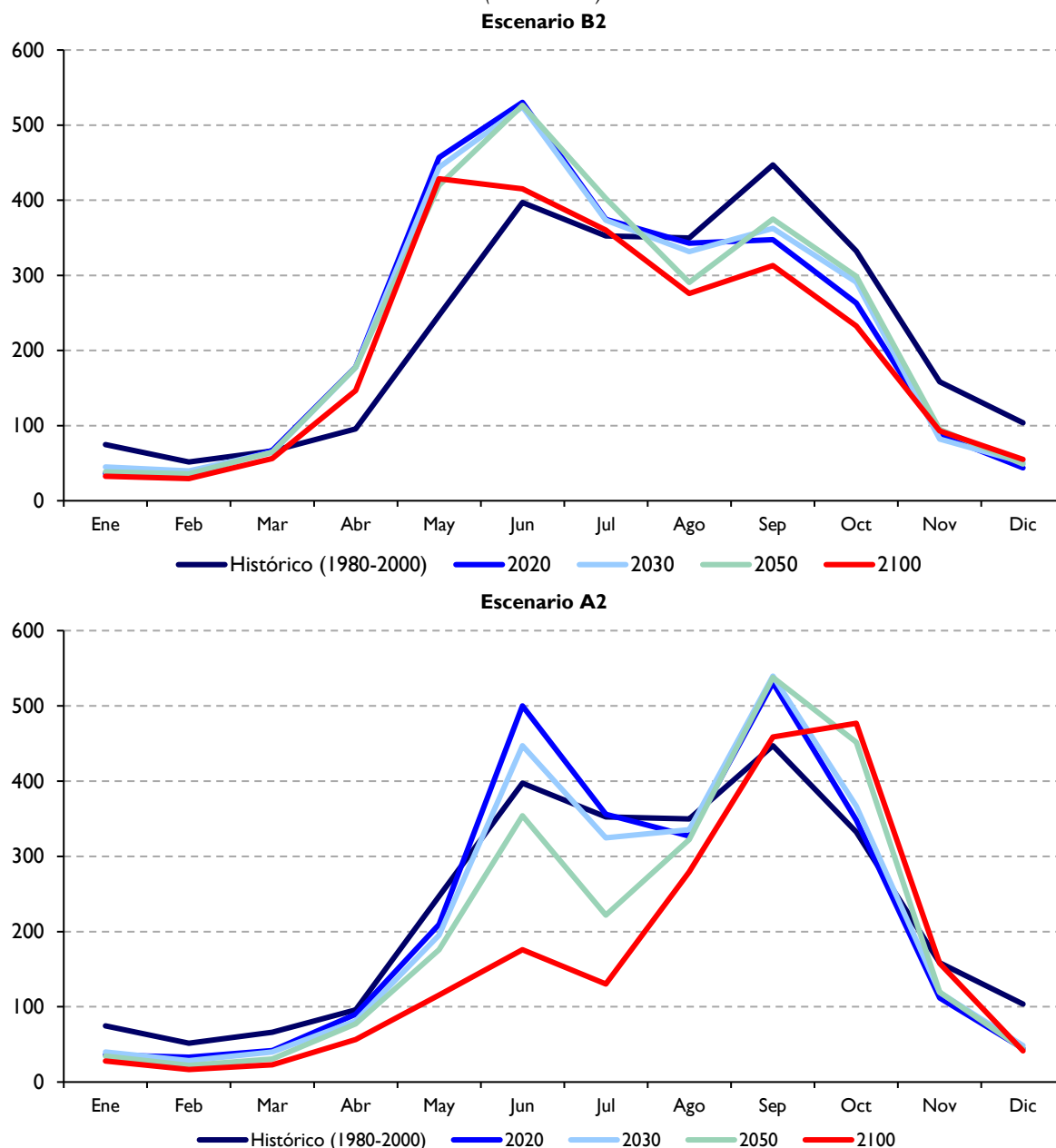
Los resultados en el escenario A2 (véanse el cuadro II.7 y el gráfico II.15) indican que la disminución de la precipitación se mantendrá casi todos los meses. Para el corte de 2020 los meses con mayor disminución serían diciembre y enero con -66% y -52%, respectivamente. Para final de siglo la precipitación disminuiría casi todos los meses, en particular en febrero y julio con -68% y -63%, respectivamente. Los meses que podrían presentar incrementos serían octubre con 43,41% y septiembre con 2,64%. Por lo anterior se deduce que en este escenario podría ocurrir un importante cambio del patrón de lluvia interanual.

CUADRO II.7
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN MENSUAL HISTÓRICA Y ESCENARIO A2
CON CORTES A 2020, 2030, 2050 Y 2100
(En milímetros)

Media mensual A2						
Mes	Histórico 1980-2000	2020	2030	2050	2100	Tasa de crecimiento 2100 con respecto al histórico
Enero	74,71	36,19	39,78	34,65	27,89	-62,67
Febrero	51,60	33,03	28,41	22,12	16,63	-67,77
Marzo	66,29	41,92	39,98	30,48	23,01	-65,29
Abril	95,81	90,20	81,11	77,56	56,37	-41,16
Mayo	246,87	209,57	195,27	175,69	115,68	-53,14
Junio	397,06	499,81	446,95	353,81	175,84	-55,71
Julio	352,53	355,79	324,45	221,78	130,37	-63,02
Agosto	349,85	327,05	335,50	322,25	279,32	-20,16
Septiembre	447,06	530,74	539,59	537,79	458,84	2,64
Octubre	332,50	348,06	366,61	451,55	476,85	43,41
Noviembre	158,43	111,62	119,12	119,52	157,61	-0,52
Diciembre	103,80	44,71	48,30	43,82	41,30	-60,21

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

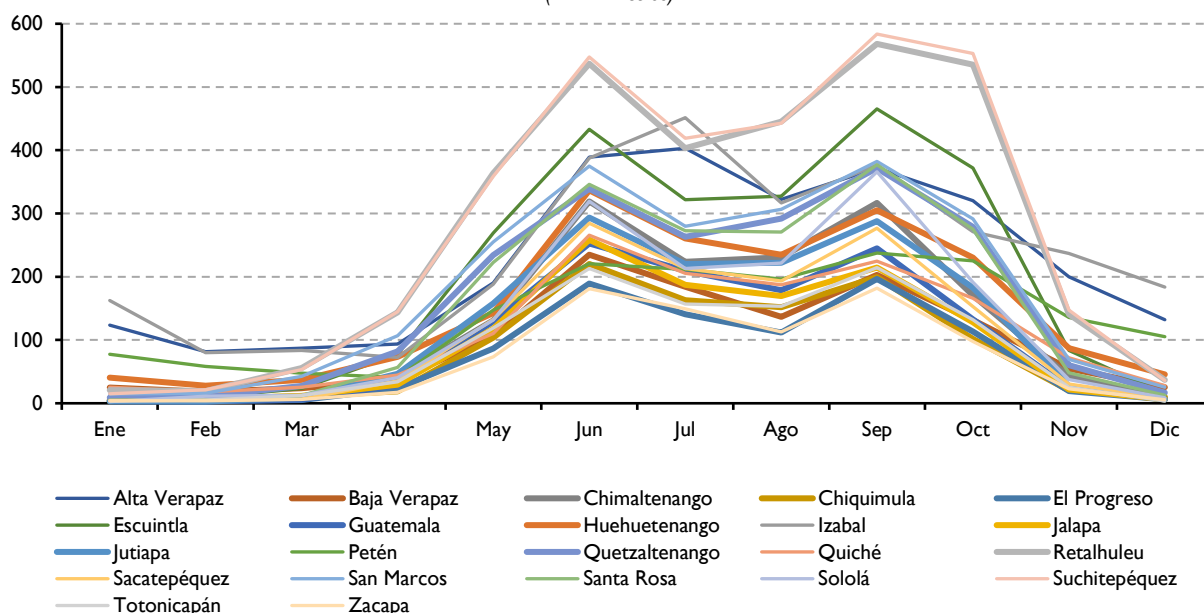
GRÁFICO II.14
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN MENSUAL, HISTÓRICA Y ESCENARIOS B2 Y A2
CON CORTES A 2020, 2030, 2050 Y 2100
 (En milímetros)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

El comportamiento de la precipitación mensual por departamentos del período 1950-2000 es similar en todo el país, con un mismo patrón. Los meses con mayor precipitación son junio y septiembre, con una ligera disminución en agosto; los departamentos de Suchitepéquez y Retalhuleu son los que tienen mayor precipitación; los meses con menor precipitación en gran parte de los departamentos son de diciembre a abril (véase el gráfico II.15).

GRÁFICO II.15
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO 1950-2000
 (En milímetros)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

Al agrupar los departamentos por regiones geoclimáticas se observa que la región Pacífico presenta la mayor precipitación, en particular Suchitepéquez y Retalhuleu; los departamentos del Altiplano Occidental tienen un comportamiento muy similar entre ellos. La región Atlántico presenta la mayor disparidad. En la región Centro, Alta Verapaz tiene mayor precipitación que el resto de los departamentos (véase el gráfico II.16).

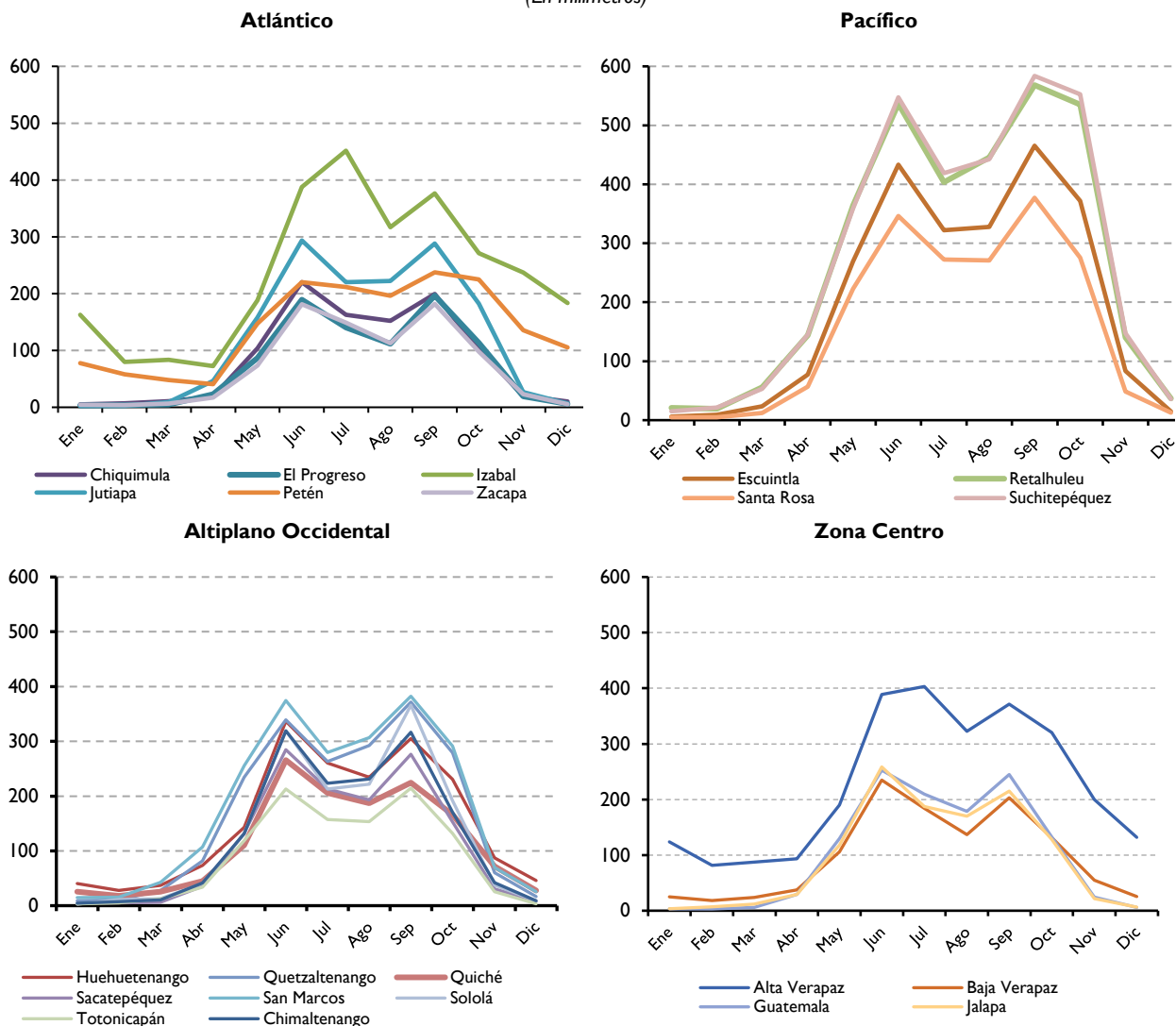
En la región Atlántico el departamento con mayor precipitación mensual es Izabal con un promedio mensual anual de 234 mm. Los meses más lluviosos son julio con 452 mm, y septiembre con 377 mm. El promedio de precipitación de la región es de 212 mm con desviación estándar de 57 mm. El departamento con menores niveles es Zacapa con un promedio mensual anual del 71 mm.

La precipitación mensual de los cuatro departamentos de la región Pacífico muestra un comportamiento muy similar, con un promedio mensual anual de 227 mm y una desviación estándar de 50 mm. El mes con mayor precipitación acumulada es septiembre con 499 mm, y el mes con menor precipitación mensual es enero con 12 mm.

En la región del Altiplano Occidental el departamento con mayor precipitación mensual es San Marcos con 382 mm en septiembre. El departamento con los menores niveles es Sololá con 3 mm en enero. El promedio de precipitación mensual anual de la región es de 134 mm y una desviación estándar de 28 mm.

El promedio de precipitación mensual anual de la región Centro es de 131 mm con una desviación estándar de 55 mm. Destaca el departamento Alta Verapaz con un promedio mensual anual de 226 mm y un nivel de 403 mm en julio. Los otros tres departamentos registran precipitaciones menores en todo el año, con junio como el mes de mayor precipitación.

GRÁFICO II.16
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN MENSUAL, POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA
Y POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO 1950-2000
 (En milímetros)



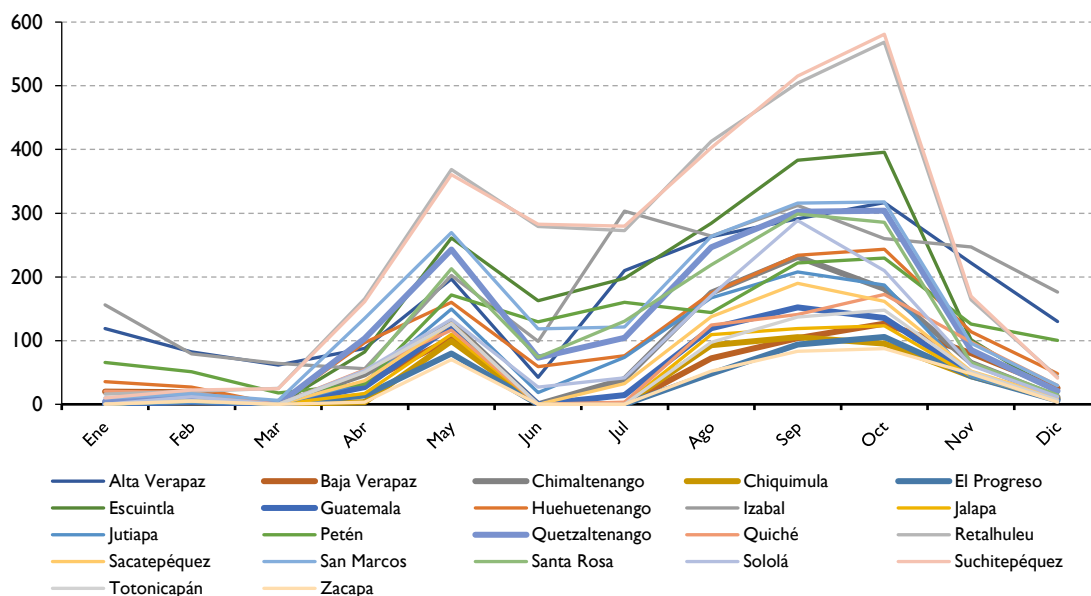
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

Las proyecciones de precipitación mensual por departamentos en los escenarios de cambio climático a 2100 se presentan en el gráfico II.17. En el escenario B2, los meses con menores niveles de precipitación serían de noviembre a marzo y parte de abril. Los meses con mayores niveles de precipitación serían los que van de abril a octubre, en particular julio y septiembre, con una reducción en la precipitación en el mes de junio. En el escenario A2, en cambio, podría ocurrir un comportamiento desigual con una notoria disminución de la precipitación, particularmente en junio y julio (los meses más lluviosos en el período histórico) y un aumento en octubre. La mayor precipitación se alcanzaría en el mes de octubre en Suchitepéquez y Retalhuleu, con 581 mm y 568 mm, respectivamente. El departamento de Zacapa podría no registrar precipitación en marzo, junio y julio.

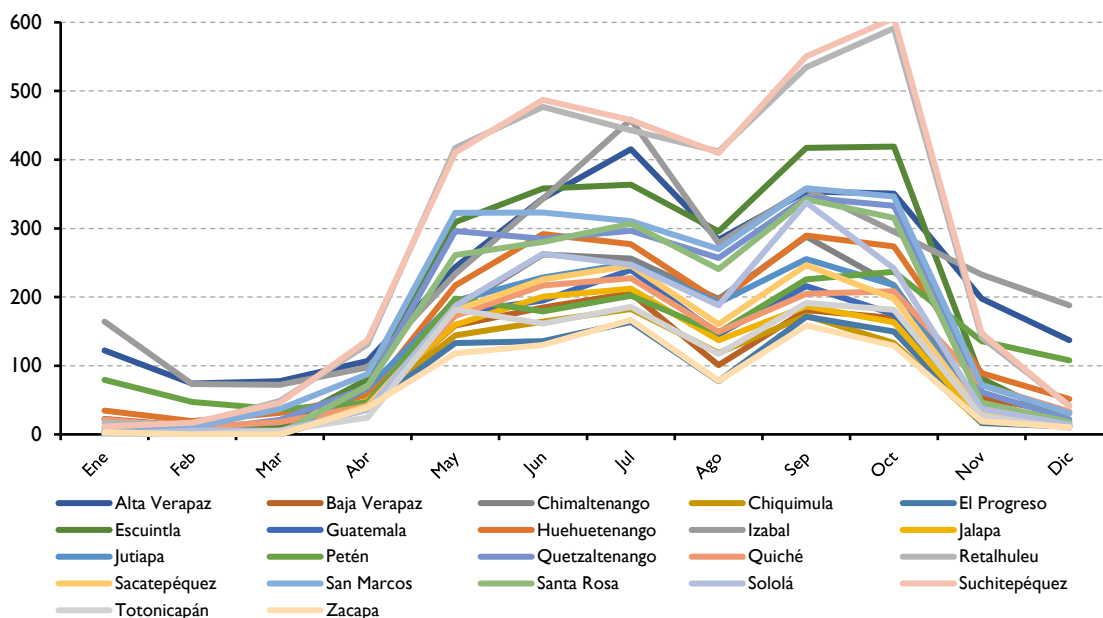
La región Atlántico podría presentar una precipitación mensual promedio de 120 mm en B2 y de 80 mm en A2, niveles menores que los del promedio histórico de la región, 121 mm. En la región Pacífico el promedio anual sería 226 mm en B2 y 186 mm en A2 a fines de siglo frente al promedio histórico de 227 mm. En el Altiplano Occidental la precipitación podría bajar hasta los 134 mm en B2 y hasta 89 mm en A2, una notable disminución en comparación con el promedio histórico de 134 mm.

En la zona Centro los niveles de precipitación anual promedio podrían ser de 130 mm en el escenario B2 y 79 mm en el A2 frente al promedio histórico de 131 mm. Los cambios de los patrones de precipitación de todas las regiones serían más pronunciados en el escenario A2 que en el B2. En el escenario B2 el promedio mensual es similar al histórico, lo que indica que hay ligeros cambios en la distribución mensual de lluvia y no en la lluvia acumulada anual (véase el gráfico II.17).

GRÁFICO II.17
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR DEPARTAMENTO, ESCENARIOS B2 Y A2, A 2100
 (En milímetros)
Escenario B2

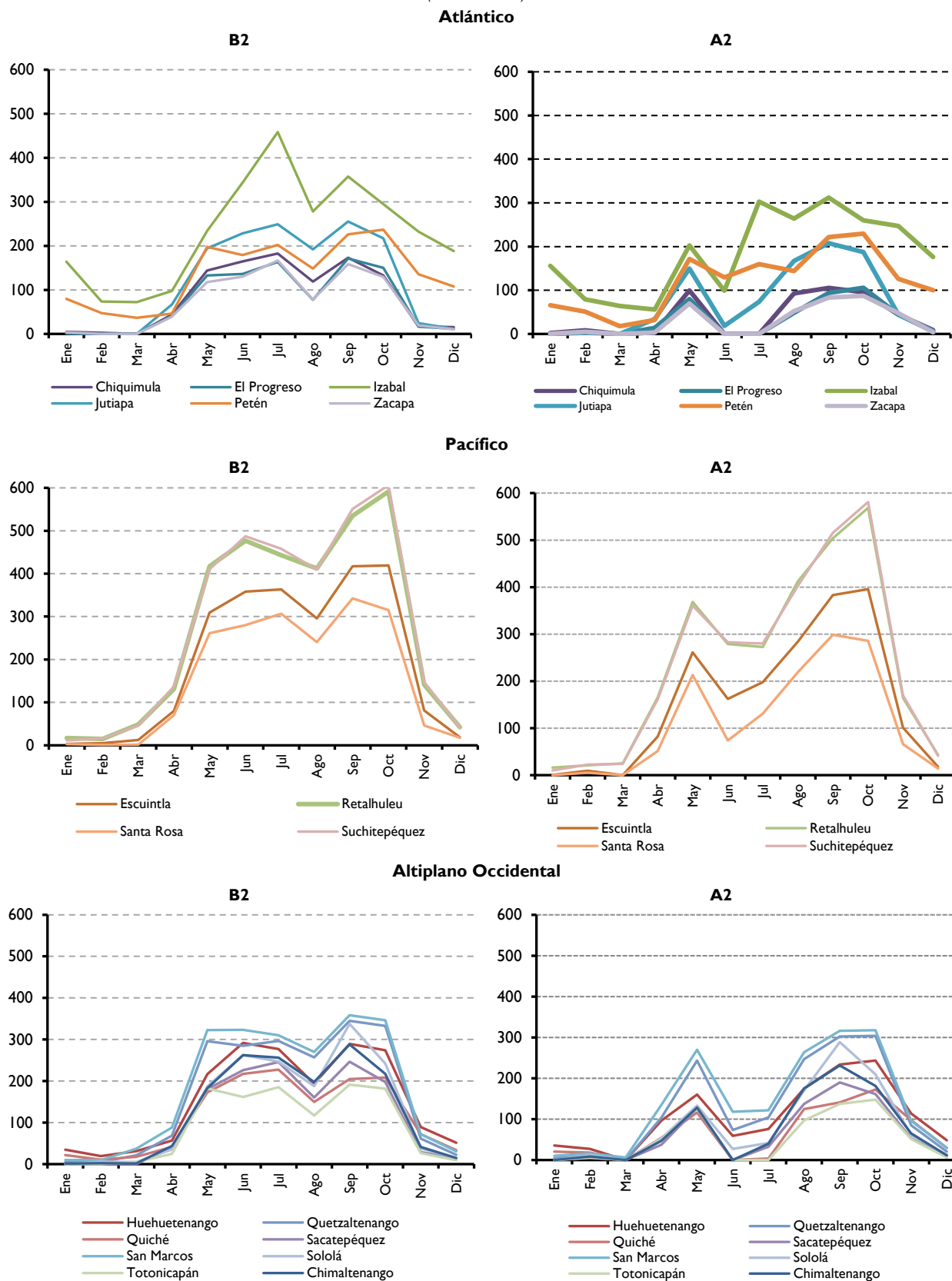


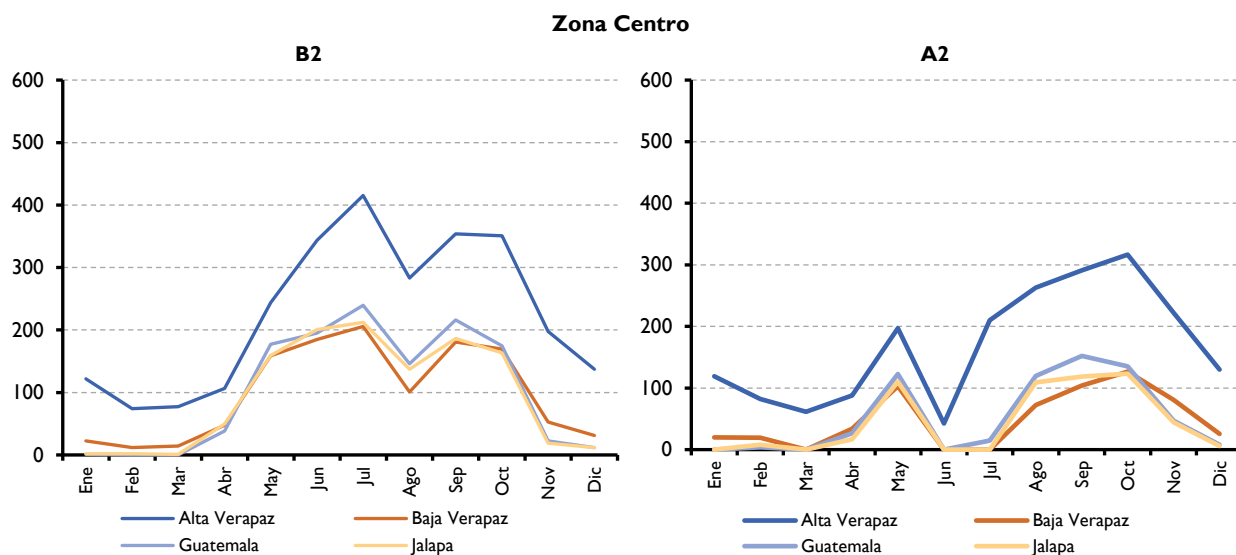
Escenario A2



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

GRÁFICO II.18
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA Y
POR DEPARTAMENTO, ESCENARIOS B2 Y A2, A 2100
 (En milímetros)





Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

En el cuadro II.8 se presentan los valores y el cambio porcentual de la precipitación por departamentos que se podrían alcanzar a finales de siglo en ambos escenarios. En B2 se observan reducciones pequeñas, incluso algunos departamentos podrían presentar ligeros aumentos. La mayor reducción sería la de Petén, $-3,52\%$. En Sacatepéquez podría no haber variación alguna y en Totonicapán podría aumentar $1,14\%$. En A2 se proyecta una disminución en todos los departamentos, las mayores reducciones ocurrirían en Zacapa, $-58,86\%$ y Chiquimula $-54,53\%$. En Retalhuleu se tendría la menor reducción con $-13,14\%$.

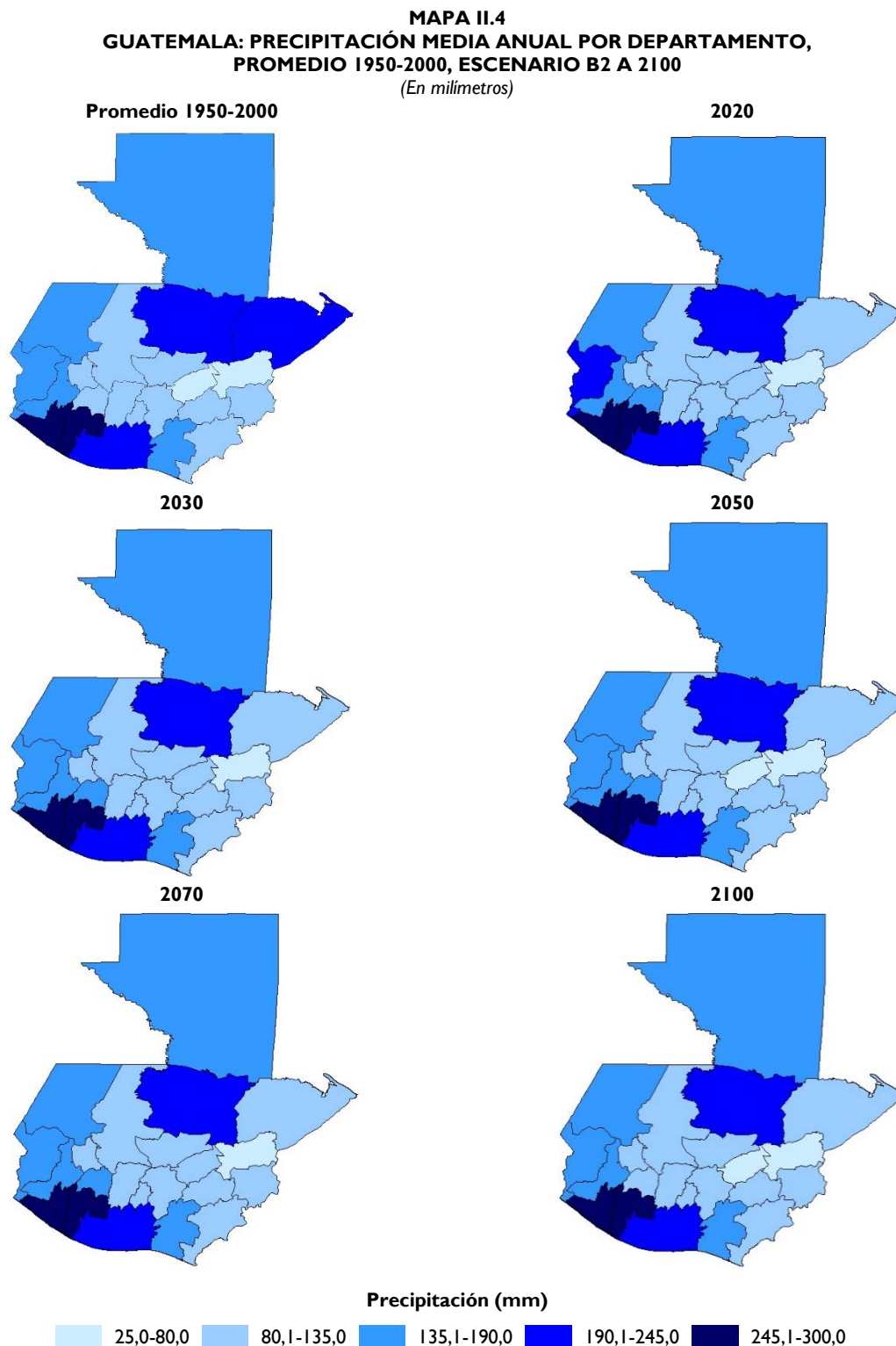
CUADRO II.8
GUATEMALA: PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
HISTÓRICA Y ESCENARIOS B2 Y A2 A 2100

(En milímetros y porcentajes)

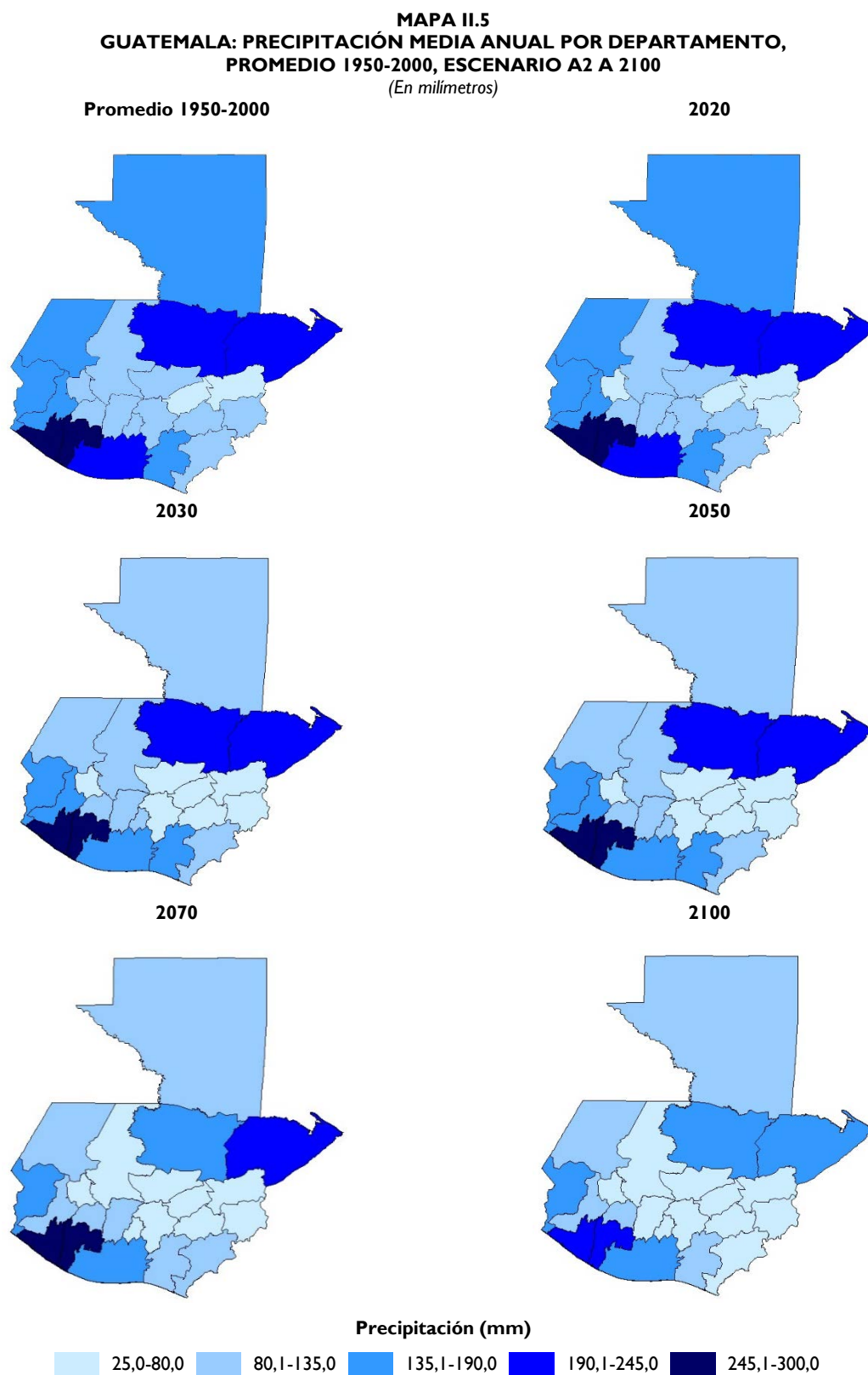
Departamento	Promedio 1950-2000	Promedio B2 (2100)	Cambio porcentual B2	Promedio A2 (2100)	Cambio porcentual A2
Alta Verapaz	226,21	225,46	-0,33 %	168,52	-25,50 %
Baja Verapaz	98,39	98,29	-0,09 %	48,73	-50,47 %
Chimaltenango	125,58	125,64	0,05 %	73,96	-41,10 %
Chiquimula	84,37	83,23	-1,35 %	38,36	-54,53 %
El Progreso	74,92	75,04	0,17 %	32,97	-55,99 %
Escuintla	200,27	197,00	-1,63 %	157,97	-21,12 %
Guatemala	101,61	101,80	0,19 %	52,42	-48,41 %
Huehuetenango	151,80	152,12	0,21 %	105,70	-30,37 %
Izabal	234,25	232,85	-0,60 %	184,94	-21,05 %
Jalapa	96,33	95,38	-0,99 %	44,66	-53,64 %
Jutiapa	121,56	120,05	-1,25 %	74,33	-38,85 %
Petén	141,92	136,92	-3,52 %	120,75	-14,92 %
Quetzaltenango	165,46	166,26	0,48 %	124,94	-24,49 %
Quiché	114,39	114,74	0,31 %	64,83	-43,33 %
Retalhuleu	272,44	272,54	0,03 %	236,64	-13,14 %
Sacatepéquez	111,91	111,91	0,00 %	62,87	-43,82 %
San Marcos	180,41	181,49	0,60 %	141,66	-21,48 %
Santa Rosa	158,65	157,19	-0,92 %	113,07	-28,73 %
Sololá	129,68	130,17	0,38 %	84,09	-35,16 %
Suchitepéquez	276,81	276,79	-0,01 %	237,55	-14,19 %
Totonicapán	89,35	90,37	1,14 %	51,81	-42,01 %
Zacapa	71,36	71,13	-0,32 %	29,36	-58,86 %

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

La representación geográfica de los cambios en la precipitación media anual por departamentos a finales de siglo en ambos escenarios, comparados con el acumulado histórico de 1950-2000, se ilustra en los mapas II.4 y II.5, donde se observa que la parte central y Atlántico de Guatemala tendrían los menores niveles de precipitación, principalmente en el escenario A2.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a.

C. VARIABILIDAD CLIMÁTICA Y EVENTOS EXTREMOS

La frecuencia e intensidad de los eventos extremos destacan entre los impactos físicos más notables del cambio climático, aunque la relación entre ambas variables es compleja. Expertos internacionales admiten que, a diferencia del aumento de las temperaturas, la atribución de la mayor frecuencia e intensidad de los eventos hidrometeorológicos al cambio climático ha resultado difícil de establecer (CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, SICA, UKAID y DANIDA, 2015).

Diversos autores (Allen y otros, 2007; Bindoff y otros, 2013; Hegerl y Zwiers, 2011; y Stott y otros 2010) han buscado explicar esta relación con ayuda de modelos de simulación climatológica que analizan cambios en las medias espaciotemporales de estadísticas mensuales o estacionales de algunas variables climáticas a escala global, continental o regional. Los enfoques de estos estudios se pueden clasificar en: 1) razonamiento físico simple; 2) análisis estadístico de series de tiempo de datos meteorológicos para determinar si un evento extremo particular cae fuera del rango de un clima "normal" o imperturbable; 3) cálculo del riesgo fraccional atribuible (*Fraction Attributable Risk*, FAR) de un evento extremo (o de corto plazo). Estos estudios y otros han empezado a acumular evidencia de esta relación y a identificar casos de probable atribución parcial (Hulme, 2014). Una línea de análisis basada en las leyes de la termodinámica sugiere que un incremento de la temperatura de 1 °C aumentará 7% el promedio global de la humedad de la atmósfera, lo que puede ocasionar eventos de precipitación más intensa (Carey, 2011).

En el reporte del IPCC (2007a) se informa que la frecuencia de eventos de lluvia intensa se ha incrementado debido al calentamiento del planeta y al aumento del vapor de agua en la atmósfera. Dichos fenómenos se traducen en cambios de promedios, variación, forma de distribución de la probabilidad de la precipitación o todos estos indicadores juntos. En particular, la variabilidad de la precipitación es considerada un indicador muy importante.

Centroamérica experimentó un incremento de 0,5 °C en la temperatura media en el período 1950-2000. Las proyecciones actuales indican que podría aumentar 1 °C o 2 °C para 2050 (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). Los registros de Guatemala arrojan un aumento de 0,6 °C de temperatura media desde la década de 1970. Basados en este dato, los escenarios B2 y A2 estiman que para 2100 habría incrementos de temperatura media anual de 2,95 °C y 4,90 °C, respectivamente. La posible trayectoria de la precipitación es más incierta por estar sujeta a diferentes sistemas de viento, topografías y cambios globales. Pero las proyecciones de los escenarios aquí empleados también estiman una disminución de la precipitación en todo el territorio de Guatemala hacia 2100, lo que, combinado con el incremento de temperatura, aumentaría los eventos extremos como sequía, tormentas tropicales, huracanes e inundaciones.

La organización German Watch diseñó un índice para estimar el impacto económico y social de los eventos extremos, incluyendo tormentas, inundaciones, temperaturas extremas y olas de calor y frío. El ranking evalúa los eventos climáticos en 183 países donde el número más bajo equivale a la mayor vulnerabilidad. Guatemala ocupó el onceavo lugar en el período 1997-2016, lo que lo coloca en una situación de alta vulnerabilidad (Kreft y otros, 2017).

El índice generado por el Monitor de Vulnerabilidad Climática de DARA (2012) estima pérdidas y beneficios del cambio climático y de la economía del carbono desde el punto de vista económico ambiental y de la salud para 2010 y 2030. La evaluación de la economía del carbono incluye la situación económica, la salud y los impactos ambientales con especial atención en el consumo de combustibles y la liberación de varios tipos de contaminantes de efecto invernadero a la atmósfera por

efecto de la combustión. La valoración de los costos humanos y económicos contiene 22 indicadores de impacto del cambio climático y 12 de impacto de la economía del carbono.

De acuerdo con este monitor, los impactos del cambio climático en Guatemala podrían tener un costo equivalente al 2,9% del PIB en 2010 y aumentarían al 5,8% en 2030. Para ese mismo año 1.200.000 personas serían afectadas de diversas maneras por el cambio climático y otras 250.000 por intensidad de carbono. Las muertes causadas por ambos tipos de impacto podrían llegar a 5.000 personas, la estimación más alta en la región (véase el cuadro II.9).

CUADRO II.9
GUATEMALA: MONITOR DE VULNERABILIDAD CLIMÁTICA, NIVEL DE VULNERABILIDAD 2010 Y 2030
(En porcentaje y personas)

Año	Costos económicos		Pérdidas humanas		
	Impactos del cambio climático	Impactos de la intensidad del carbono	Impactos del cambio climático e intensidad del carbono	Impactos del cambio climático	Impactos de la intensidad del carbono
	Porcentaje del PIB		Mortalidad	Personas afectadas	
2010	2,9	0,8	3 500	1 100 000	150 000
2030	5,8	1,2	5 000	1 200 000	250 000

Fuente: DARA, 2012.

Nota: Los impactos son promedios anuales.

El monitor de DARA también analiza el nivel de vulnerabilidad como resultado de los daños causados por el cambio climático. El indicador tiene cinco categorías que se determinan usando la desviación estándar, y que relacionan el impacto con el tamaño de la economía y de la población. La clasificación ordena los niveles de vulnerabilidad de mayor a menor con las siguientes calificaciones: aguda, severa, alta, moderada y baja. De acuerdo con este índice, la vulnerabilidad climática de Guatemala en 2010 fue moderada, pero el pronóstico para 2030 es aguda. La intensidad del uso del carbono fue baja en 2010, con pronóstico de crecer a moderada en 2030 (DARA, 2012).

La Universidad de Notre Dame, por su parte, generó el índice global de adaptación (ND-GAIN por sus siglas en inglés), que estima los niveles de vulnerabilidad al cambio climático de 180 países y su preparación para hacerle frente. El objetivo del ND-GAIN es ayudar a las empresas y al sector público a priorizar las inversiones para dar respuestas más eficaces a los riesgos climáticos globales (ND-GAIN, 2016). El ND-GAIN Country Index publicó un ranking anual con datos de 1995 hasta 2014 que mide los parámetros de vulnerabilidad y preparación. Vulnerabilidad se refiere a la exposición de los países al cambio climático, considerando los renglones alimentación, agua, salud, ecosistemas, hábitat humano e infraestructura. Preparación indica la capacidad de generar acciones de adaptación como respuesta a eventos climáticos y sus efectos. El enfoque recae en la capacidad de movilizar recursos financieros por los sectores económico, político y social. Los países que ocupan los primeros lugares del ranking son los menos vulnerables y más preparados.

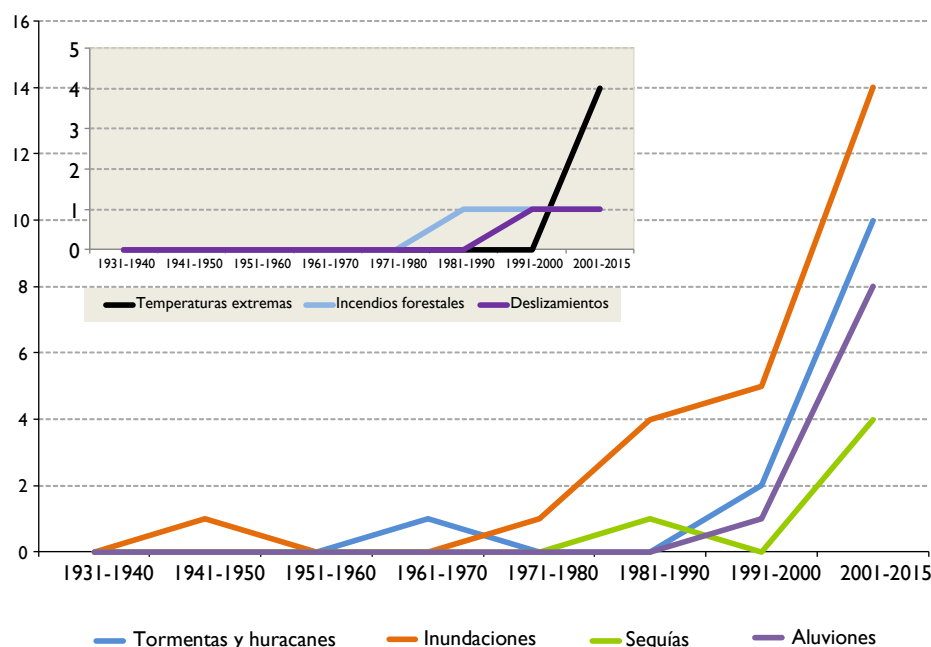
Guatemala fue clasificada en el lugar 116 de 180 países del ND-GAIN. Guatemala resultó en el lugar 113 en vulnerabilidad y en el 120 de preparación. El peso de la calificación cae en la vulnerabilidad de su infraestructura y de servicios de salud, y de su limitada capacidad de generar acciones de adaptación, especialmente en el sector social (ND-GAIN, 2016). Por lo anterior, el país presenta una vulnerabilidad muy alta y una preparación muy baja ante el cambio climático.

Los eventos extremos de las últimas décadas han mostrado una tendencia a la inestabilidad en todo el mundo. En el patrón climático de Guatemala es muy importante la influencia de los océanos Atlántico y Pacífico y de las cordilleras y las tierras altas. La precipitación anual de Guatemala tiene una distribución bimodal, donde los meses de lluvia son de mayo a octubre, y los meses secos son de noviembre a abril. La variación de la temperatura superficial de los océanos Pacífico y Atlántico en sus

zonas tropicales incide en los meses de lluvia y en las sequías de la región (CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, SICA, UKAID y DANIDA, 2015).

En el país ocurrieron 61 eventos extremos por fenómenos hidrometeorológicos entre los años 1931 y 2015, de acuerdo con información de The International Disasters Database (EMDAT). Los eventos más recurrentes son inundaciones y tormentas. En la década de 2000 ocurrieron 28 desastres en comparación con solo uno que se registró en la década de 1970. Los registros de los períodos por década desde 1931 muestran un aumento del número de tormentas tropicales y huracanes en el país. En la década de 1980 se registraron seis eventos extremos, en la década de 1990 fueron diez y de 2001 a 2015 aumentaron a 42 (véase el gráfico II.19). Estas cifras indican que Guatemala es uno de los países con mayor número de inundaciones en Centroamérica, aunque no incluyen eventos de menor escala, que a menudo tienen impactos severos y efectos a mediano y largo plazos.

GRÁFICO II.19
GUATEMALA: EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS EVENTOS EXTREMOS REGISTRADOS, 1931-2015
(En número de eventos registrados por tipo de evento)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de EM-DAT, CRED, 2017.

Los eventos ciclónicos registrados en Centroamérica entre 1977 y 2006 indican que los territorios de Guatemala más expuestos a los huracanes son los de la región geoclimática del Atlántico (mar Caribe). Estos eventos inducen o empujan la zona de convergencia intertropical (ZCIT) hacia el norte del istmo, lo cual desata “temporales” que provocan inundaciones y deslizamientos en zonas distantes de las directamente afectadas por un huracán. Tal fue el caso del huracán Mitch en 1998, que causó grandes daños en Guatemala (véase el mapa II.6) (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d).

Los deslizamientos de tierra a causa de la precipitación llaman más la atención cuando se analizan los datos históricos acumulados. Es importante puntualizar que existe una alta correlación entre la frecuencia de deslizamientos y el aumento de zonas deforestadas o en proceso de deforestación (CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, SICA, UKAID y DANIDA, 2015). El riesgo de deslizamientos se presenta en gran parte del territorio de Guatemala, en particular en el centro y los departamentos de San Marcos, Quetzaltenango, Sololá, Chimaltenango y Sacatepéquez; en el norte, Escuintla y Suchitepéquez (véase el mapa II.7).

MAPA II.6
CENTROAMÉRICA: UBICACIÓN ESPACIAL DE RIESGOS POR HURACANES, 1977-2006

A. Frecuencia de los huracanes

(Número promedio de huracanes, por año por píxel)

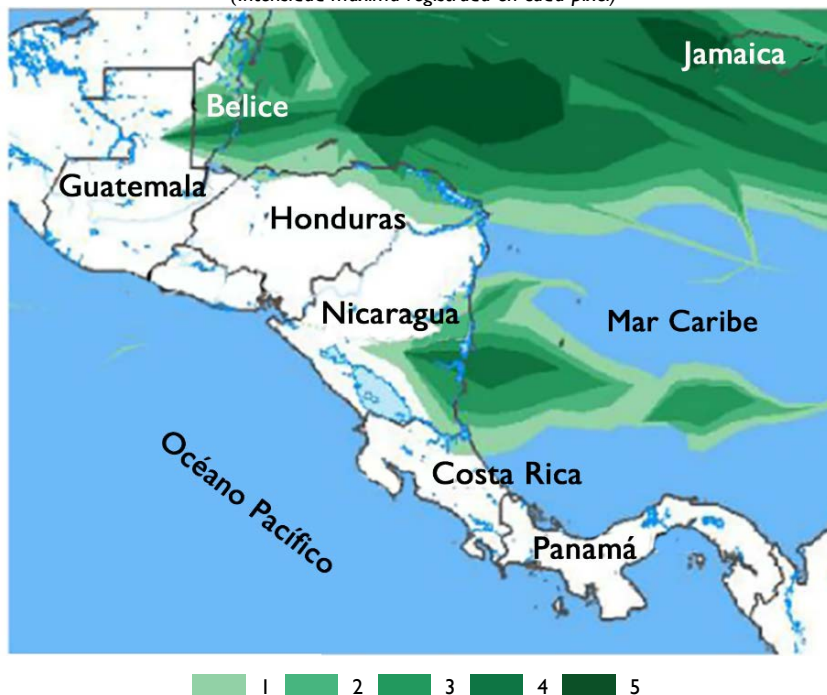


Fuente: PNUMA, PNUD, EIRD y Banco Mundial, 2010.

Nota: Solamente disponible para ciclones tropicales de categoría 1 en la escala Saffir-Simpson.

B. Intensidad de los huracanes

(Intensidad máxima registrada en cada píxel)



Fuente: PNUMA, PNUD, EIRD y Banco Mundial, 2010.

Nota: Escala Saffir-Simpson.

MAPA II.7
CENTROAMÉRICA: UBICACIÓN ESPACIAL DE RIESGOS POR DESLIZAMIENTOS

A. Riesgo por deslizamiento de tierra

(Escala de intensidad y frecuencia)



B. Cobertura de bosques 2007

(Tipos de bosque)



Fuente: PNUMA, PNUD, EIRD y Banco Mundial, 2010.

Nota: Desprendimiento de tierras por precipitación.

D. ARIDEZ Y MESES SECOS

La sequía es un evento extremo cuya característica es la falta anormal de lluvia en un determinado período en comparación con el rango de precipitación histórico, que perjudica los sistemas productivos, en particular en el campo (UNCDD). En Centroamérica existe una zona más árida que el resto, el “corredor seco”, que cruza casi toda la región, y que ha sido afectado por períodos de sequía prolongados. En Guatemala el área del corredor seco comprende un grupo de departamentos que cruzan el país desde la frontera con El Salvador y Honduras hasta el Altiplano Occidental y la zona de costa de los departamentos del Pacífico, cuya degradación ambiental está vinculada a las sequías y a otros fenómenos adversos.

En el mapa II.8 se observan las áreas de Guatemala con mayor frecuencia de sequías entre 1974 y 2004 (8 a 18 sequías en el período), los departamentos más afectados fueron San Marcos, Quetzaltenango, Huehuetenango, El Quiché, Escuintla, Santa Rosa. La severidad de las sequías fue mayor en departamentos como Huehuetenango, El Quiché, Alta Verapaz, Baja Verapaz e Izabal, ya que presentaron un mayor coeficiente de variación de la precipitación.

La aridez es una condición climática relativamente estable que depende de la evaporación de la lluvia, del agua de ríos y lagos y de la transpiración de las plantas, procesos afectados por la temperatura, entre otros factores. Para delimitar las zonas climáticas áridas se utiliza el índice de aridez con los criterios propuestos por Hassan y Dregne (1997) y los del Atlas Mundial de Desertificación (UNEP, 1997). Con este índice se puede especificar la relación insumo/pérdida de humedad, en la que el insumo es la precipitación, y la pérdida es la evapotranspiración en un período determinado (CAZALAC Y PHI/UNESCO, 2005). La ecuación para calcular el índice es la siguiente:

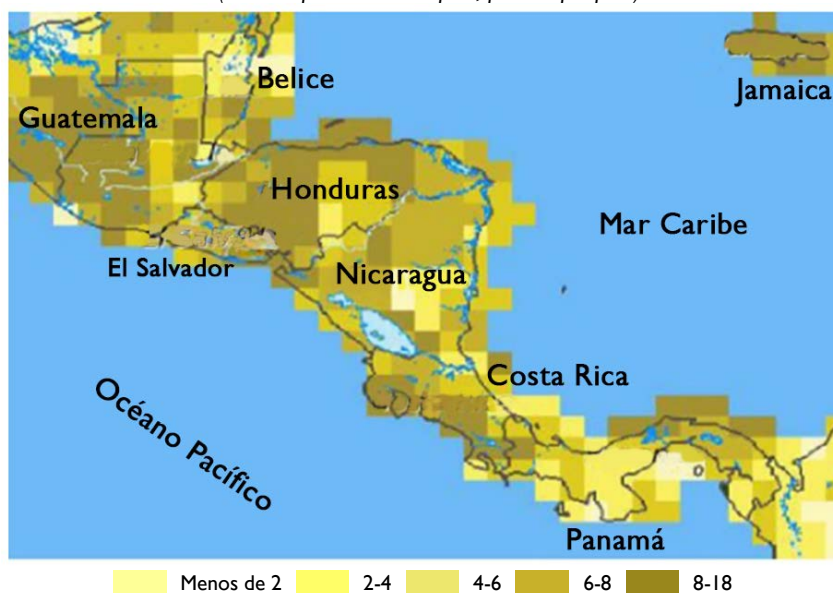
$$IA_t = \frac{p_t}{ET_t}$$

donde IA es el índice de aridez en el período t, p_t representa la precipitación acumulada anual en el período t y ET_t representa la evapotranspiración del período t. La evapotranspiración se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa más la pérdida de agua por transpiración de la vegetación (Thorntwaite, 1948; Penman, 1956; Papadakis, 1980; Perrier, 1984). Cuando la precipitación y la evapotranspiración son iguales, el valor del índice de aridez será igual a uno. Los resultados inferiores a uno reflejan que la evapotranspiración es mayor que la precipitación, indicando mayor aridez. Las regiones más húmedas presentarán valores superiores a la unidad, reflejando condiciones en las que la precipitación es mayor que la evapotranspiración.

Los cálculos del IA de Guatemala por departamento y región geoclimática se presentan en el cuadro II.10. Los números más altos significan menos niveles de aridez. Los datos del período 1950-2000 indican que el país tiene un IA medio de 1,45, es decir, se considera región húmeda. El departamento con menor aridez es Quetzaltenango con 2,46, y el de mayor aridez es Zacapa con 1,05. Ningún departamento de Guatemala tiene IA menor a uno.

MAPA II.8
CENTROAMÉRICA: UBICACIÓN ESPACIAL DE SEQUÍAS, 1974-2004

Frecuencia de sequías
 (Número promedio de sequías, por año por pixel)



Fuente: PNUMA, PNUD, EIRD y Banco Mundial, 2010.

Nota: Calculado en función del índice estandarizado de precipitación de seis meses (SPI6). La definición de sequía es: “evento de tres meses consecutivos de duración con menos del 50% de precipitación” comparado con el promedio de 1980-2001.

Severidad de las sequías ocurridas
 (Coeficiente de variación)



Fuente: PNUMA, PNUD, EIRD y Banco Mundial, 2010.

Nota: Medida de la variabilidad de las precipitaciones en relación con la precipitación media climatológica de 1980-2001.

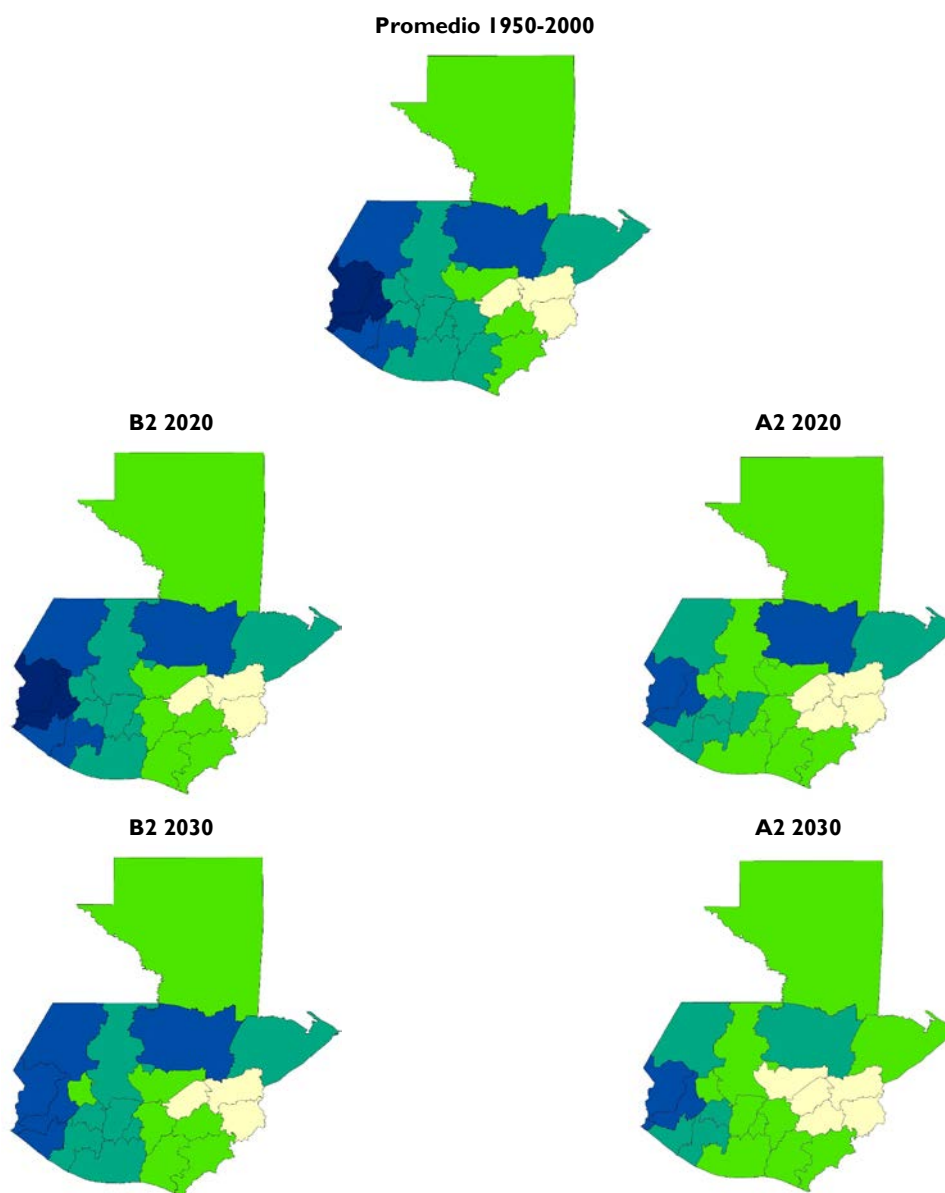
CUADRO II.10
GUATEMALA: ÍNDICE DE ARIEZ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO 1950-2000,
ESCENARIOS B2 Y A2 A 2100
(En unidades del índice de aridez)

(En unidades del índice de índice)						
Región	Departamento	1950-2000	2100		Variación del período	
			B2	A2	B2	A2
Atlántico						
	Chiquimula	1,14	1,10	0,97	-0,04	-0,17
	El Progreso	1,11	1,10	0,97	-0,01	-0,14
	Izabal	1,76	1,41	1,28	-0,35	-0,48
	Jutiapa	1,38	1,18	1,04	-0,20	-0,33
	Petén	1,39	1,27	1,13	-0,12	-0,26
	Zacapa	1,05	1,09	0,96	0,04	-0,09
Pacífico						
	Escuintla	1,63	1,49	1,23	-0,14	-0,41
	Retalhuleu	2,07	1,78	1,52	-0,29	-0,55
	Santa Rosa	1,56	1,40	1,14	-0,16	-0,42
	Suchitepéquez	2,08	1,76	1,50	-0,31	-0,57
Centro						
	Alta Verapaz	2,31	1,72	1,46	-0,59	-0,85
	Baja Verapaz	1,36	1,27	1,01	-0,09	-0,35
	Guatemala	1,40	1,28	1,02	-0,12	-0,38
	Jalapa	1,29	1,25	0,99	-0,04	-0,30
Altiplano Occidental						
	Chimaltenango	1,82	1,43	1,15	-0,39	-0,67
	Huehuetenango	2,10	1,60	1,32	-0,50	-0,78
	Quetzaltenango	2,46	1,84	1,55	-0,62	-0,90
	Quiché	1,75	1,40	1,12	-0,35	-0,64
	Sacatepéquez	1,66	1,38	1,09	-0,28	-0,56
	San Marcos	2,45	1,87	1,59	-0,58	-0,86
	Sololá	1,88	1,49	1,21	-0,39	-0,67
	Totonicapán	1,57	1,36	1,08	-0,21	-0,49

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

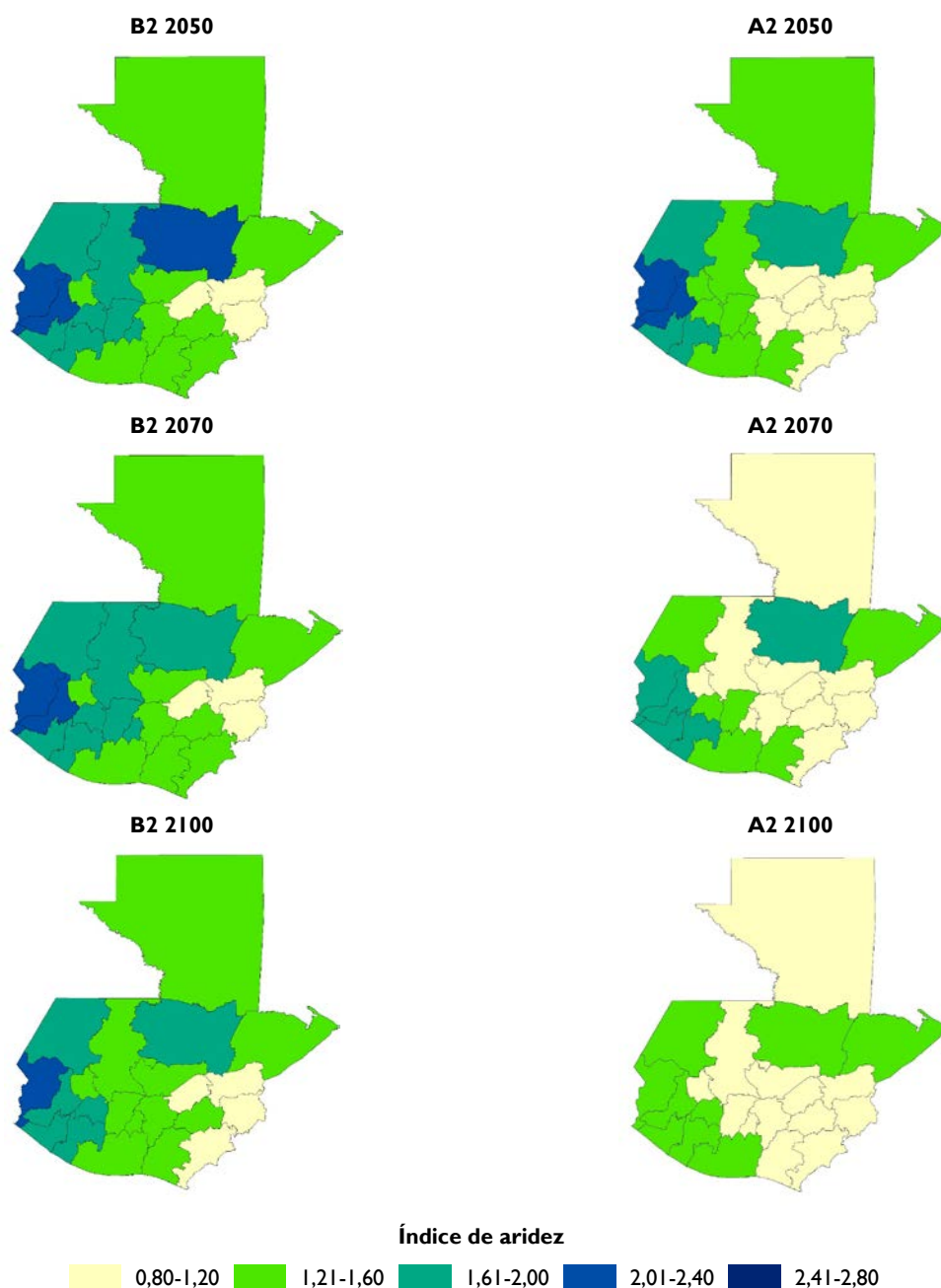
La evolución esperada del IA en todos los departamentos de Guatemala en los dos escenarios de cambio climático se presenta en el cuadro II.10 y en el mapa II.9. En ambos la aridez podría crecer, tendencia que se acentuará hacia mediados de siglo. En el escenario B2, el IA de Quetzaltenango podría disminuir en 0,62 puntos, equivalente al 25%, mientras que el de Alta Verapaz bajaría 0,59 puntos, equivalente al 26%, y San Marcos disminuiría 0,58 puntos, equivalente a 24% con respecto al período histórico. En este mismo escenario, la reducción media del IA para finales de siglo es del 13,7%. Los mayores cambios en todos los cortes se observarían en el altiplano occidental. En el escenario A2, los departamentos más afectados por la aridez también serían Quetzaltenango, San Marcos y Alta Verapaz, con una reducción de 0,90, 0,86 y 0,85 unidades respectivamente. En general todos los departamentos del altiplano serían los de mayor disminución y los departamentos del corredor seco tendrían los índices más bajos. En el escenario A2 el IA podría llegar al 27,7%.

MAPA II.9
GUATEMALA: ÍNDICE DE ARIDEZ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO 1950-2000,
ESCENARIOS B2 Y A2 CON CORTES A 2100
(Índice de aridez)



Mapa II.9 (continúa)

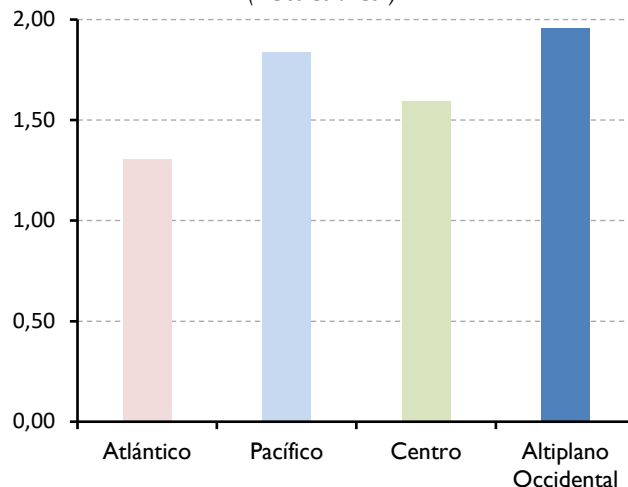
Mapa II.9 (conclusión)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

En el gráfico II.20 se presenta el IA por región geoclimática para los promedios del período 1950-2000. La región menos árida es el Altiplano Occidental con 1,96 unidades; la región Pacífico registra 1,84, la región del Centro 1,59 y la región del Atlántico 1,30, es decir, es la menos húmeda. El IA de los departamentos agrupados por regiones geoclimáticas se presenta en el gráfico II.21. Las mayores variaciones entre departamentos se presentan en las regiones Centro y Altiplano Occidental. Los índices de los departamentos del Atlántico y el Pacífico son más homogéneos.

GRÁFICO II.20
GUATEMALA: ÍNDICE DE ARIDEZ POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA, PROMEDIO 1950-2000
(Índice de aridez)

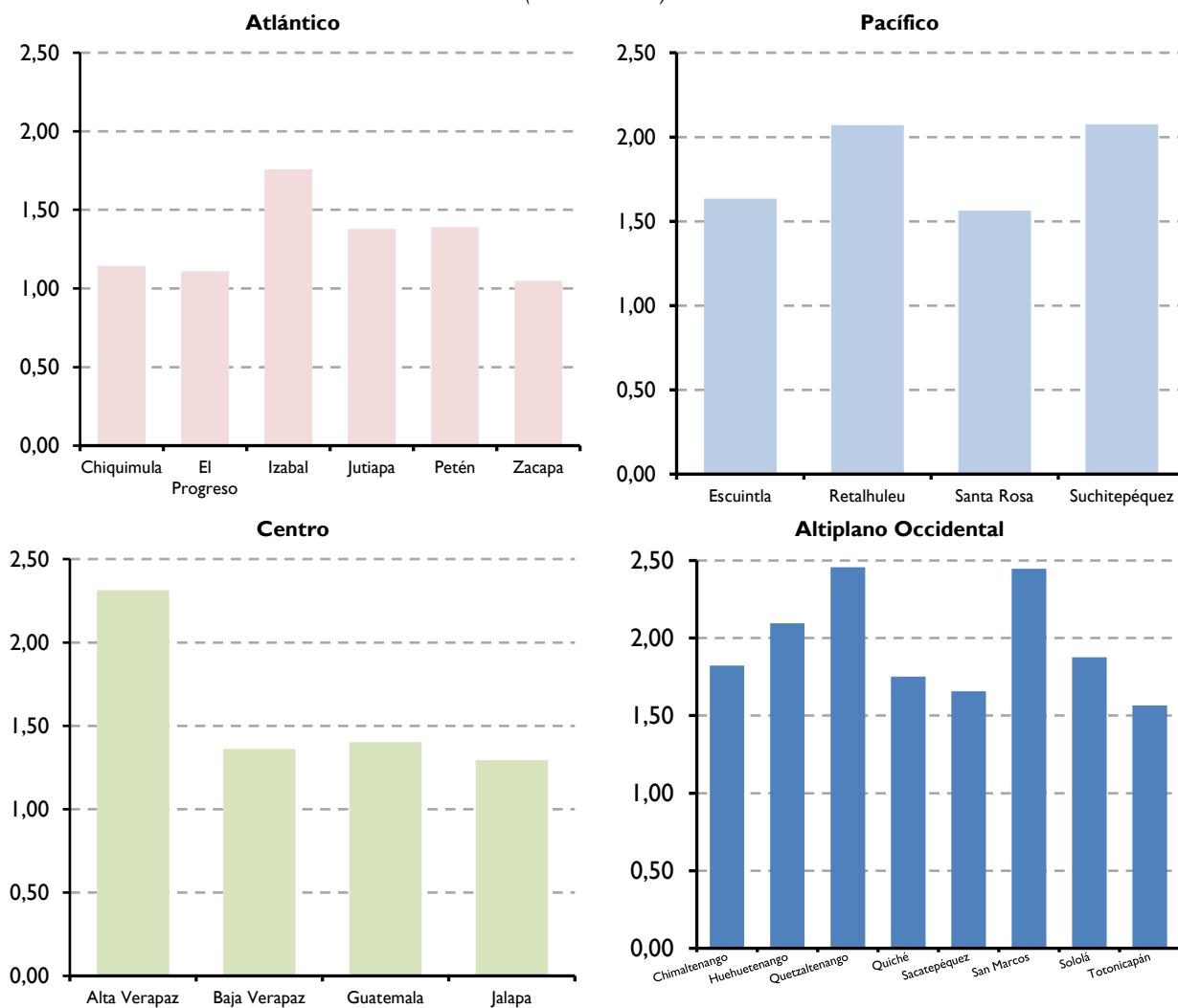


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

Al proyectar los IA de las regiones en los escenarios de cambio climático, en el escenario B2 se observaría una disminución de 8,7% en la región Atlántico para finales de siglo, mientras que en el escenario A2 la reducción sería mayor al 18,9%, lo que mantendría a esta región con el índice más bajo hasta 2100. El IA de la región Pacífico para finales de siglo sería 1,61 en B2 y 1,35 en A2, lo que significa reducciones de 12,4% y 26,6%, respectivamente. En la región Centro el IA podría llegar en 2100 a 1,38 y a 1,12 en los escenarios B2 y A2, respectivamente, equivalentes a reducciones del 13,3% y del 29,7%. La región cuyos índices futuros serían más impactados es el Altiplano Occidental con 1,55 y 1,26 para 2100 en B2 y A2, equivalentes al 21,1% y al 35,5% respectivamente (véase el gráfico II.22 y el cuadro II.10).

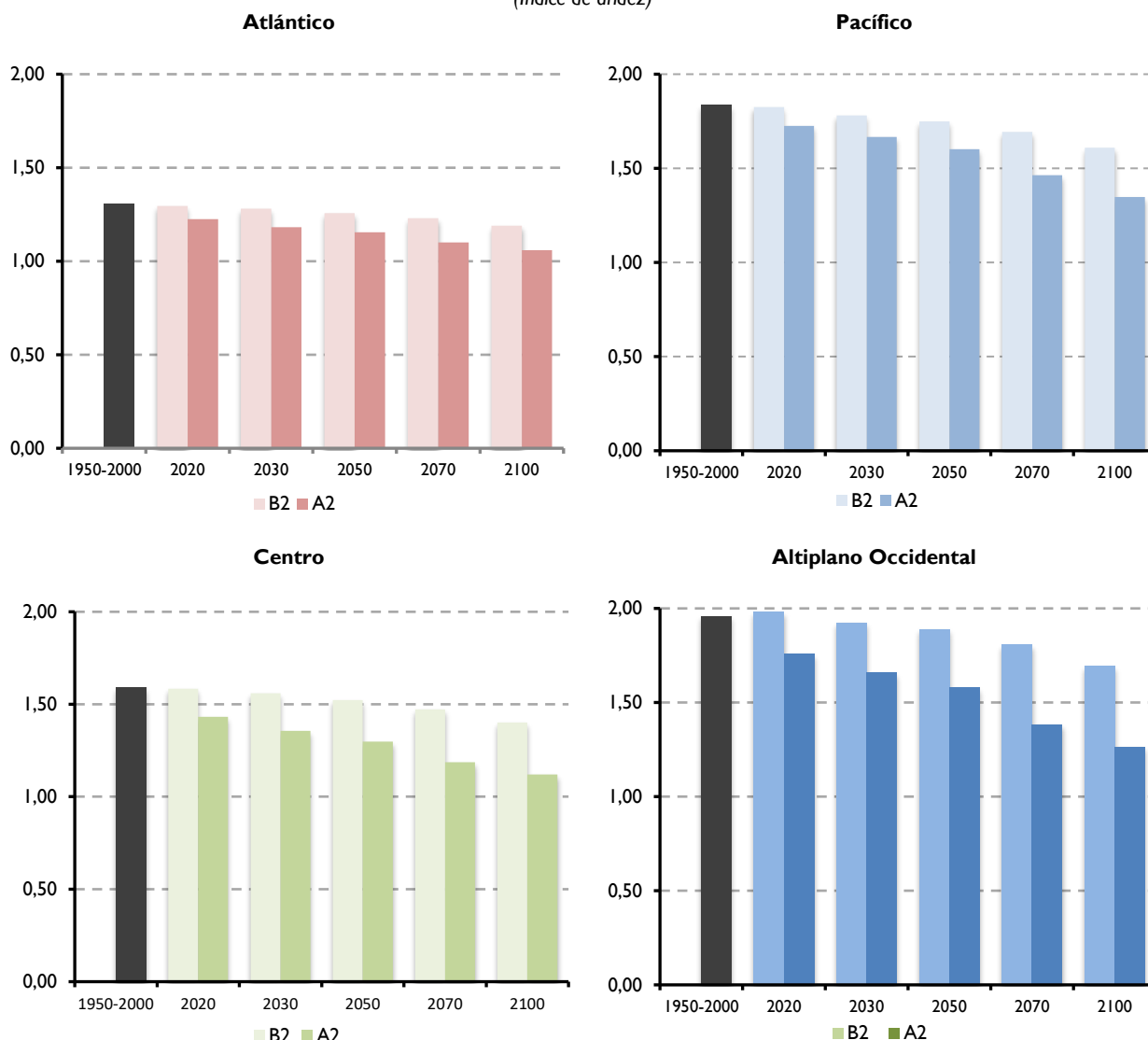
Los IA por departamentos agrupados en regiones geoclimáticas en los diferentes escenarios se muestran en el gráfico II.22. Se observa que el índice disminuiría en todos los departamentos de la región Atlántico en ambos escenarios, más en Izabal, Jutiapa y Petén. En la región Pacífico la diferencia entre escenarios es notoria desde 2020 y se presentarían reducciones sucesivas en los siguientes cortes. En la región Centro, en el escenario B2, los departamentos no registrarían una disminución significativa, pero en A2 bajaría el índice desde 2020. En el Altiplano Occidental los índices de todos los departamentos podrían presentar una disminución notable en ambos escenarios en todos los cortes y con mayor fuerza en A2.

GRÁFICO II.21
GUATEMALA: ÍNDICE DE ARIDEZ POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA
Y DEPARTAMENTO, PROMEDIO 1950-2000
(Índice de aridez)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

GRÁFICO II.22
GUATEMALA: ÍNDICE DE ARIDEZ POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA, PROMEDIO 1950-2000,
ESCENARIOS B2 Y A2, CON CORTES A 2100
(Índice de aridez)

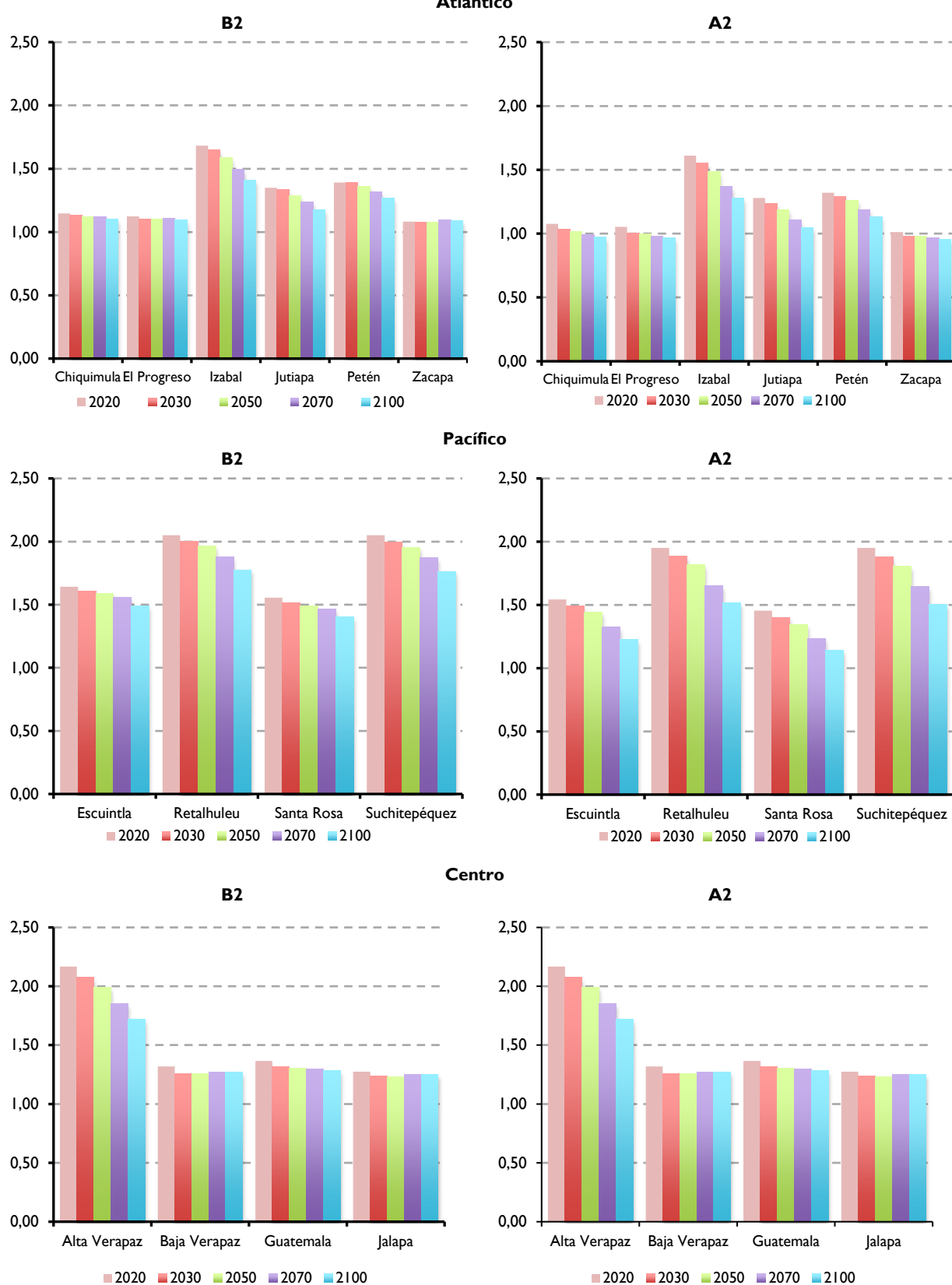


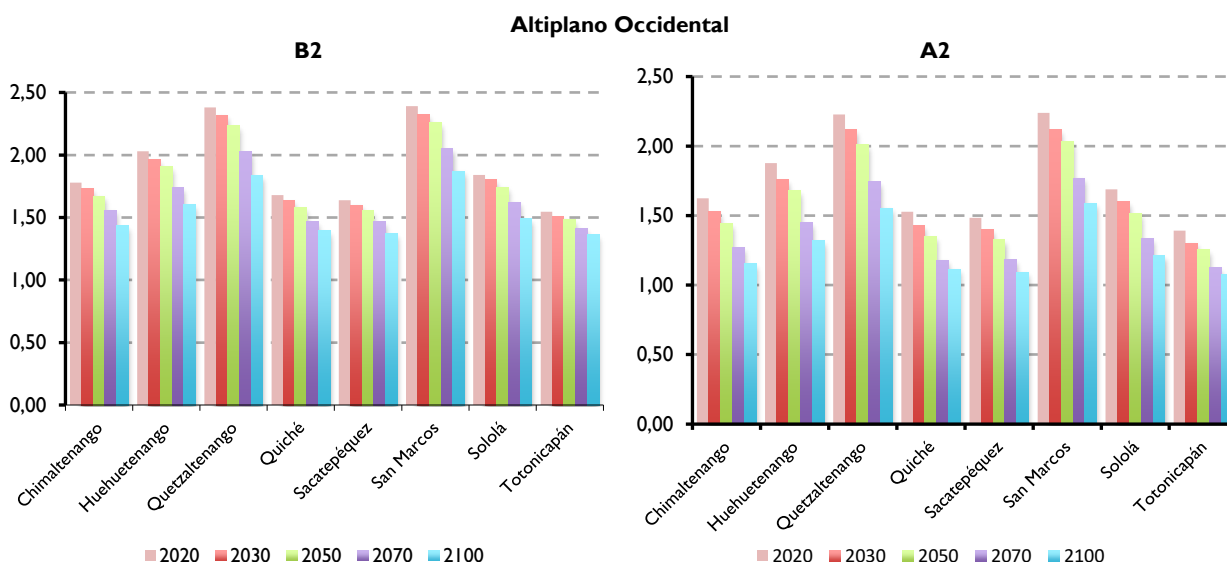
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

Una variable complementaria para analizar cómo los cambios en los patrones de precipitación y temperatura pueden afectar a Guatemala es la de meses secos, aquellos en los que la precipitación es menor al 50% de la evapotranspiración en un área determinada (CAZALAC y PHI/UNESCO, 2005). Un mes es seco cuando la precipitación es insuficiente para recuperar al menos la mitad de la humedad perdida por evapotranspiración. La aridez arroja información sobre falta de humedad en una región geoclimática y los meses secos arrojan datos sobre la falta de humedad durante un mes determinado.

De acuerdo con la información del período 1950-2000, los meses secos de Guatemala van de noviembre a abril (véase el gráfico II.25). En la región Atlántico la excepción es Izabal, que no registra meses secos. En la región Pacífico los meses secos son de diciembre a marzo, salvo en Santa Rosa, donde empiezan en noviembre. En la región Centro los meses secos son de noviembre a abril en los departamentos de Guatemala y Jalapa, y de diciembre a marzo en Baja Verapaz. En Alta Verapaz no se presentaron meses secos. En el Altiplano Occidental, Huehuetenango tiene un solo mes seco y la época seca termina en marzo.

GRÁFICO II.23
GUATEMALA: ÍNDICE DE ARIDEZ POR DEPARTAMENTO,
ESCENARIOS B2 Y A2 CON CORTES A 2100
(Índice de aridez)





Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

GRÁFICO II.25
GUATEMALA: DEPARTAMENTOS CON MESES SECOS POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000 Y ESCENARIO A2, A 2100
 (En meses)

Promedio 1950-2000		Escenario A2 a 2100											
Depto / Mes		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Región Atlántico													
Chiquimula													
El Progreso													
Izabal													
Jutiapa													
Petén													
Zacapa													
Región Pacífico													
Escuintla													
Retalhuleu													
Santa Rosa													
Suchitepéquez													
Región Zona Centro													
Alta Verapaz													
Baja Verapaz													
Guatemala													
Jalapa													
Región Altiplano Occidental													
Chimaltenango													
Huehuetenango													
Quetzaltenango													
Quiché													
Sacatepéquez													
San Marcos													
Sololá													
Totonicapán													

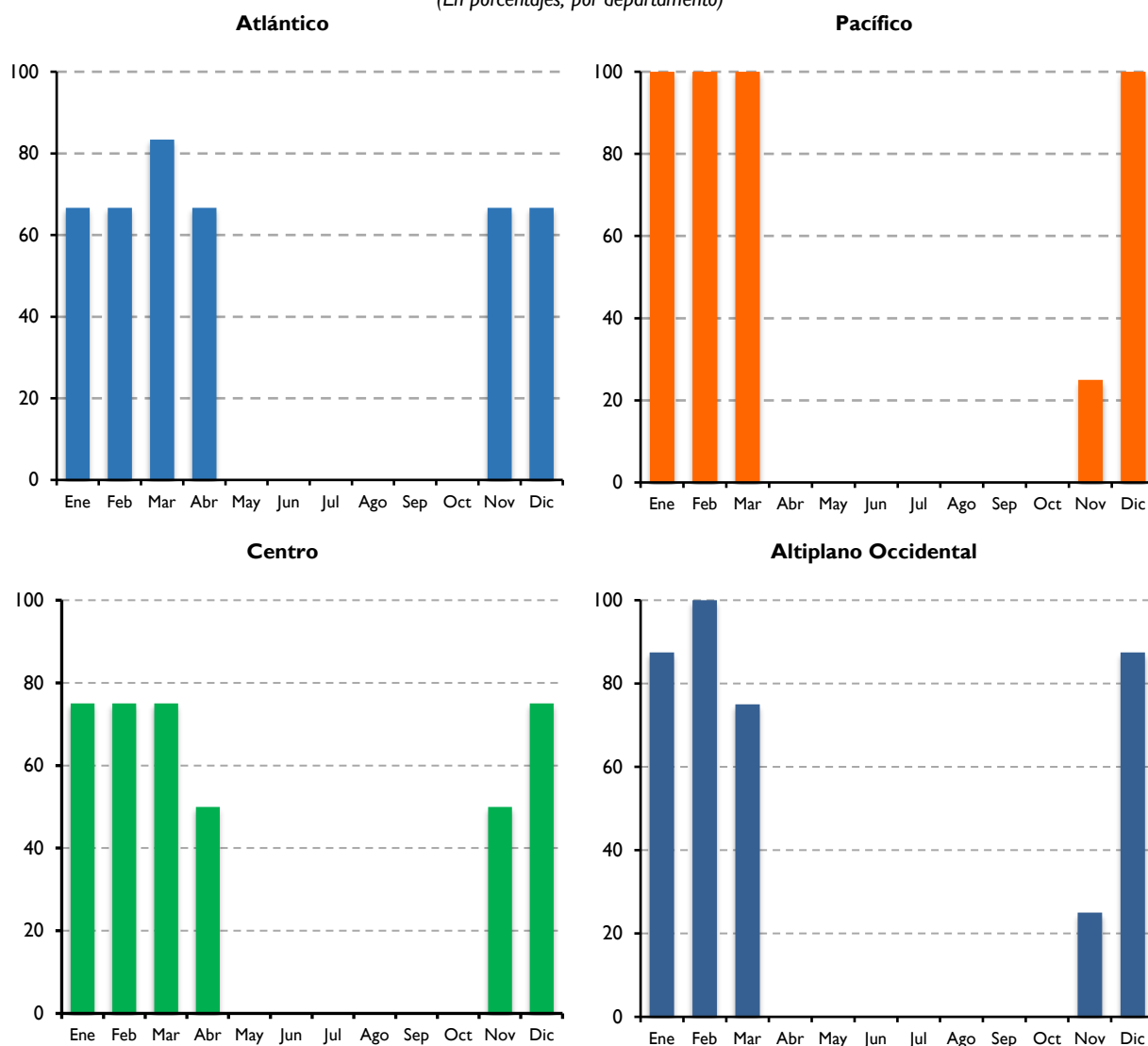
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012b).

En el escenario A2, los meses secos se incrementan en todas las regiones y departamentos hacia 2100. En la región Atlántico los meses de julio y junio podrían volverse secos; en Izabal se presentarían meses secos en marzo y abril, y en Petén se agregaría febrero. En la región Pacífico los meses secos no aumentarían significativamente. En la región Centro, los meses secos aumentarían en junio y julio en todos los departamentos, menos en Alta Verapaz, donde solo aumentaría en junio. En el Altiplano Occidental se presentarían meses secos adicionales en Chimaltenango, Sacatepéquez y Sololá en junio, en Quiché y Totonicapán en junio y agosto, y en Huehuetenango en enero y marzo.

El porcentaje de departamentos con meses secos en cada región climática, considerando el promedio del período 1950-2000, se presenta en el gráfico II.25. Se observa que la condición de mes seco está ausente de mayo a octubre en todos los departamentos. Destaca la región Pacífico donde todos los departamentos tienen meses secos de diciembre a marzo.

GRÁFICO II.25
GUATEMALA: DEPARTAMENTOS CON MESES SECOS POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA
PROMEDIO 1950-2000

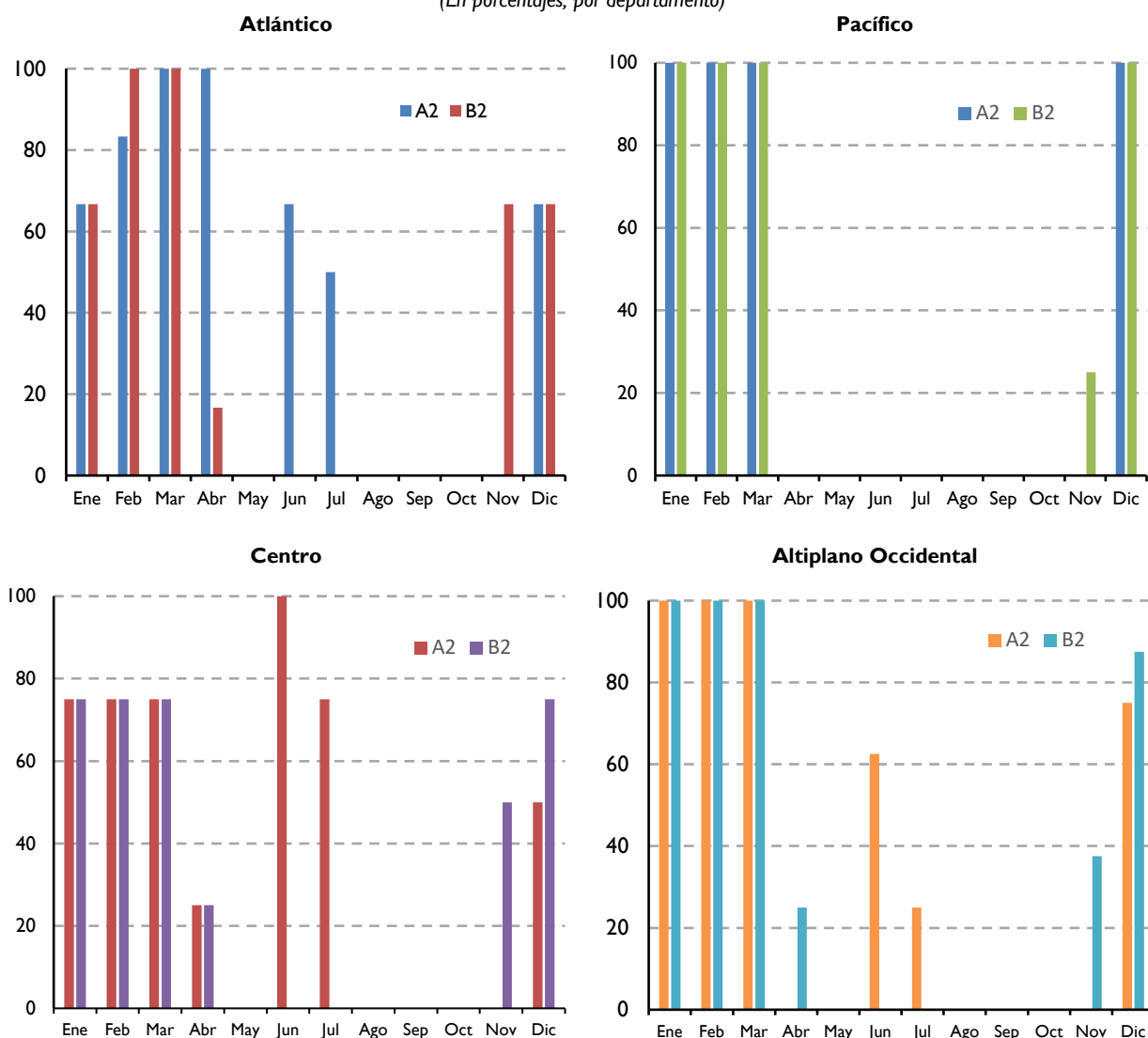
(En porcentajes, por departamento)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

Los escenarios de cambio climático indican que en la región Atlántico, en el escenario A2, más de la mitad de los departamentos tendrían meses secos en junio y julio a finales del presente siglo. La información del período histórico no registra ningún departamento en esa condición. En la región Pacífico la situación actual permanecería igual. En la región Centro la condición de mes seco aparecería en julio en todos los departamentos en A2. En buena parte del Altiplano Occidental también aparecerían junio y julio como meses secos hacia finales de siglo. Así, la combinación de la disminución de la precipitación con el aumento de la temperatura tendría efectos en la disponibilidad de agua en todo el país, con efectos más severos en las regiones Atlántico, Centro y el Altiplano Occidental (véase el gráfico II.26).

GRÁFICO II.26
GUATEMALA: DEPARTAMENTOS CON MESES SECOS POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
ESCENARIOS B2 Y A2, A 2100
(En porcentajes, por departamento)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b.

RECUADRO II.1 RECOMENDACIONES PARA ENFRENTAR EL CAMBIO CLIMÁTICO

Es de suma importancia fortalecer las capacidades de adaptación y de gestión de riesgos a corto plazo debido a los impactos provocados por la variabilidad climática en los períodos interanuales e intranuales. Las opciones para reducir los efectos de la variabilidad climática son:

- Ejecutar planes para mitigar los efectos de la variabilidad climática y de los eventos extremos, que disminuyan las pérdidas a corto plazo y preparar al país para enfrentar los cambios acumulativos más severos que podrían venir a mediano plazo.
- Proteger los ecosistemas naturales y su biodiversidad: bosques, sistemas montañosos y fluviales, costas del Caribe, incluyendo corales y manglares, costas del Pacífico. Estos ecosistemas proporcionan servicios a la población y son fuentes de regulación del ciclo hídrico.
- Restaurar y resguardar los ecosistemas más frágiles, que debe hacerse aun sin cambio climático.
- Analizar los impactos potenciales de la variabilidad climática en la agricultura, el consumo de agua, la salud y la hidroelectricidad. Una herramienta útil para ello es la información georreferenciada y desagregada por departamentos y regiones geoclimáticas, dividida temporalmente y por patrones intranuales. Su especificación a menores escalas es también importante para formular acciones de adaptación en zonas geográficas particulares.
- Expandir y fortalecer la red de estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas y de profesionales en climatología e hidrología. La información climática es una herramienta útil para afinar los análisis de impactos potenciales en sectores, además de planear acciones de adaptación en zonas geográficas específicas.
- Fomentar la colaboración multidisciplinaria con expertos de la región y colegas extranjeros para adoptar métodos y modelos de análisis que permitan formular hipótesis y determinar la proporción del aumento de eventos extremos atribuible al cambio climático.

La evidencia de cambios en el clima y de los crecientes impactos de los eventos extremos prueba que estas acciones son urgentes. Esto incluye adecuación de las normas de construcción de infraestructura, protección de las cuencas hidrológicas y las barreras costeras naturales como manglares, y una mejor gestión del recurso hídrico que prevea cambios en la agricultura, la ganadería y la infraestructura social. Estas acciones reducirían la vulnerabilidad y los costos asociados a los próximos eventos extremos y permitirían crear mayor resiliencia a los impactos cada vez peores que se prevén.

Los actores públicos y privados de Guatemala necesitan asumir un enfoque de prevención, superando las respuestas de reacción. Esto requiere tomar medidas para reducir el número de áreas vulnerables, fortalecer los sistemas de alerta y respuesta con la mejor información disponible y generar mayores capacidades de pronóstico a escalas nacional y local.

Las principales opciones de adaptación al cambio climático y su impacto en eventos extremos son:

- Integrar, en las estrategias de reducción de pobreza, programas de asentamientos humanos, infraestructura, equipamiento y vivienda segura con criterios de prevención y control de desastres.
- Promulgar leyes y crear programas e incentivos para el diseño y renovación de asentamientos y viviendas resistentes a los eventos extremos, eficientes en uso del agua y otros atributos bioclimáticos adaptables a las condiciones locales, facilitando tecnologías adecuadas al medio y a la experiencia de los auto constructores.

- Elevar el nivel de seguridad ambiental de la infraestructura básica, incluyendo carreteras, puentes, instalaciones educativas y sanitarias y obras hidráulicas de prevención de inundaciones y sequías.
- Implementar estrategias de uso de suelo y planes de ordenamiento territorial, determinando los usos urbano, agrícola, forestal y otros ecosistemas naturales, incluyendo áreas protegidas, basadas en estudios técnicos que consideren la vulnerabilidad climática.
- Reforestar las áreas costeras, laderas y áreas proclives a deslizamientos como parte de los programas de uso sustentable y mejoramiento de la calidad de vida, acciones que pueden contribuir a reducir las emisiones de GEI o ser objeto de pago por servicios ambientales. Igualmente, restablecer manglares como barreras de protección costera, que son benéficas para la productividad pesquera y el ecoturismo.
- Concienciar a la población de su papel en la prevención de desastres y generar procesos de organización y educación comunitaria alrededor de medidas de mitigación de impactos de eventos extremos, incluyendo viviendas seguras, reubicación de comunidades, planes de reacción local, refugios, depósitos de emergencia y otras acciones de mitigación, autoprotección y autoayuda.
- Establecer sistemas de monitoreo de fenómenos naturales y antropogénicos para emitir alertas tempranas.

Fuente: CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, UKAID y DANIDA, 2015.

A manera de recapitulación, los registros del clima indican que Guatemala ha tenido un incremento de la temperatura media de aproximadamente 0,66 °C entre las décadas de 1960 y 1990. A partir de la iniciativa de la ECC CA se han generado estimaciones de cambios de temperatura y precipitación con base en los escenarios climáticos del IPCC. En el escenario A2, que supone una continuación de la tendencia actual de emisiones globales crecientes, la temperatura de Guatemala podría aumentar 0,6 °C en 2030, 1,4 °C en 2050 y hasta 4,9 °C en 2100 con respecto al promedio de 1960-2000. La temperatura media anual por departamento indica que las regiones Centro y Altiplano Occidental del país tendrían los mayores aumentos, superiores a 4,7 °C en 2100, y Quiché y Baja Verapaz serían los departamentos con mayores incrementos. En los departamentos Escuintla, Izabal, Retalhuleu, Suchitepéquez y Zacapa, el nivel de temperatura promedio sería mayor a 30 °C.

La posible trayectoria futura de los niveles de precipitación es más incierta. En el escenario A2 se prevé una disminución del 6,1% al 2030, del 17% al 2050 y del 28% al 2100 con respecto al promedio del período histórico 1960-2000, que fue de 2.723 mm. Los departamentos con mayor reducción de precipitación en los cortes 2030, 2050 y 2100 serían los de la región Atlántico: Zacapa, El Progreso y Chiquimula con reducciones del 54% al 59% en 2100. Los departamentos de Retalhuleu y Petén experimentarían una reducción menor. De acuerdo con los registros de precipitación mensual del período 1980-2000, Guatemala tiene una temporada de lluvias de mayo a noviembre, con la canícula en agosto y una temporada seca de diciembre a abril. En el escenario A2, este patrón se mantendría hasta mediados de siglo. Después ocurriría un cambio notable con el posible atraso de la temporada de lluvias y una reducción de hasta el 64% de la precipitación en julio hacia finales del siglo. La precipitación en septiembre y octubre podría aumentar.

III. IMPACTOS POTENCIALES EN RECURSOS HÍDRICOS E HIDROELECTRICIDAD

En la actualidad, una de las principales afectaciones relacionada con los impactos del cambio climático y con la actividad humana es la disponibilidad de los recursos hídricos (IPCC, 2007; Bates y otros, 2008). Las estimaciones muestran que entre 1.400.000 y 2.100.000 personas en el mundo disponen de menos de 1.000 m³ de agua al año, lo cual indica una situación de estrés hídrico con efectos negativos como mayor exposición a enfermedades infecciosas (Bates y otros, 2008). Centroamérica tiene abundantes recursos hídricos por sus ríos y ubicación geoclimática. Sin embargo, los impactos esperados de las variables climáticas podrían crear presiones fuertes sobre su disponibilidad para consumo humano y generación de hidroelectricidad. Este capítulo expone los principales hallazgos de los impactos potenciales del cambio climático en los recursos hídricos y la generación hidroeléctrica en Guatemala.

A. RECURSOS HÍDRICOS

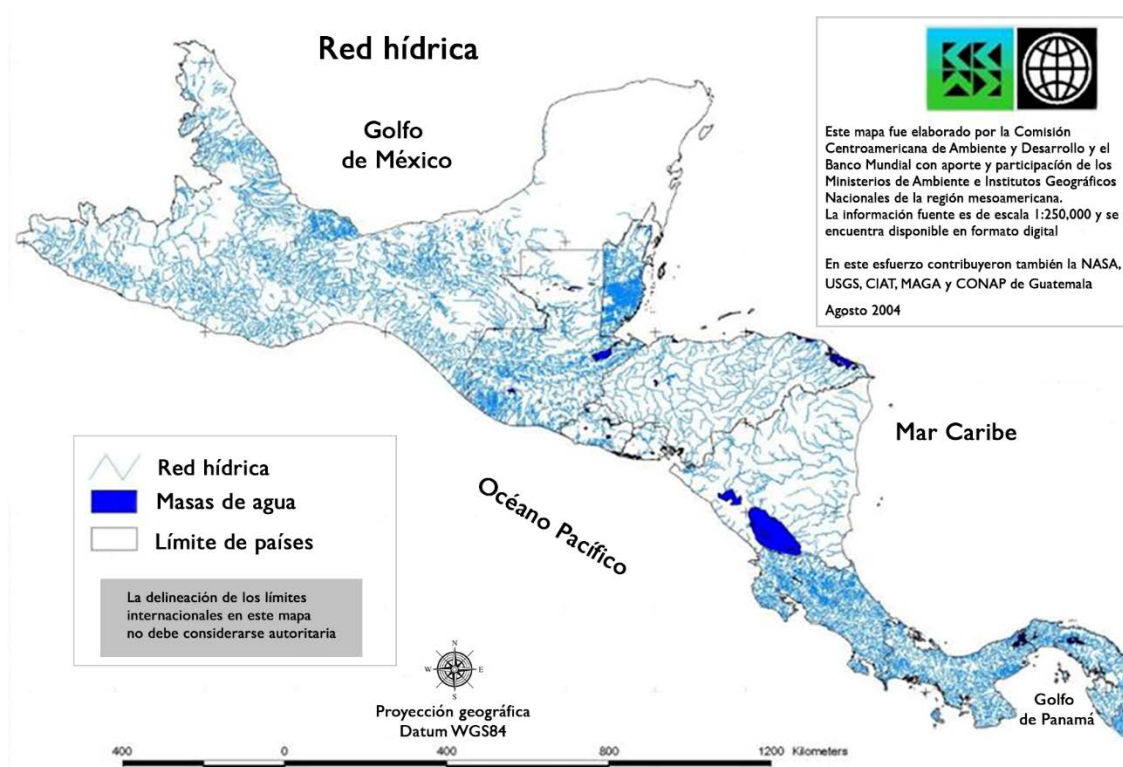
La disponibilidad de recursos hídricos en Centroamérica es de 23.000 m³ anuales por habitante, casi el triple del promedio mundial (Jiménez y Asano, 2008). Esto se debe a la posición latitudinal, la condición ístmica y las variaciones topográficas del territorio, características propicias a la ocurrencia de precipitaciones pluviales y a la existencia de abundantes ríos y lagos (véase el mapa III.1).

La disponibilidad de agua en Guatemala es de 12.197 m³ anuales por habitante, el doble del promedio mundial, aunque variable por la alternancia de períodos de lluvia y sequía, y con tendencia negativa por la demanda para asentamientos humanos, el desarrollo industrial y la producción agrícola intensiva. De acuerdo con Earth Trends (WRI, 2009), Guatemala es calificada “sin estrés hídrico” y “sin vulnerabilidad a nivel nacional, pero posible a nivel local”. La disponibilidad total de agua del país es de 155.000 millones de m³ anuales, con una extracción de 5.140 millones de m³ anuales. La intensidad de uso es baja: solo el 3,32% de la disponibilidad total.

La distribución del uso del agua es muy desigual entre los sectores, el 77% para uso agrícola, el 16,2% para uso municipal y solo el 8,7% para uso industrial (véase el cuadro III.1). La disponibilidad del agua depende en mayor medida de la precipitación pluvial y de los cuerpos superficiales, las cuencas transfronterizas y los acuíferos. Guatemala cuenta con una precipitación elevada, pero recientemente se ha registrado una disminución de la media anual con respecto del período 1950-1979 (CEPAL, CCAD/SUCA, UKAID y DANIDA, 2011).

La cuenca más extensa de Guatemala es la del río Usumacinta, que comparte con México. Los ríos más cortos y rápidos son los de la vertiente del Pacífico en la cuenca del río Lempa; entre los más caudalosos y extensos se encuentran el Motagua, Chixoy, Dulce y Usumacinta. Las lagunas más grandes son las de Izabal, Flores, Atitlán y Amatitlán. Muchos acuíferos de la vertiente Pacífico de Guatemala presentan alta salinidad, que se ha incrementado notablemente desde 2005. Su uso futuro se ve amenazado por la posibilidad de elevación del nivel mar.

MAPA III.1
CENTROAMÉRICA Y SUR DE MÉXICO: RED HÍDRICA



Fuente: CCAD y Banco Mundial, 2004.

CUADRO III.1
GUATEMALA: DISPONIBILIDAD, EXTRACCIÓN, INTENSIDAD DE USO DE AGUA Y USO DE AGUA POR SECTOR
(En varias unidades)

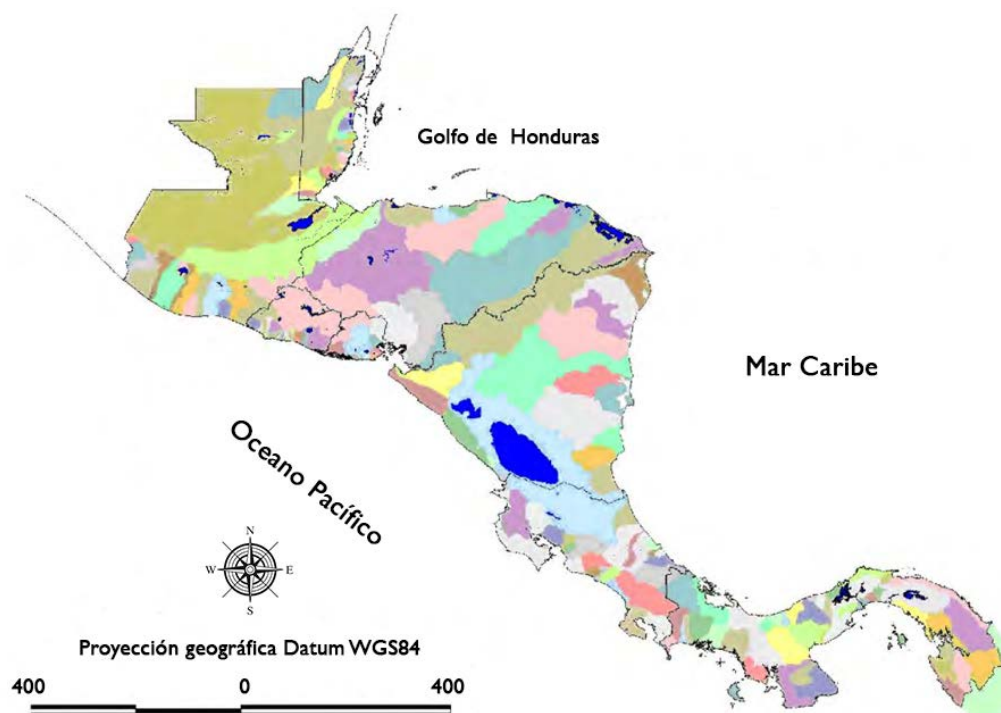
Disponibilidad		Extracción total	Índice de intensidad de uso	Uso de agua por sector		
Por habitante	Total			Agricultura	Municipal	Industrial
<i>m³/hab.año</i>	<i>En millones de m³/año</i>	<i>En millones de m³/año</i>	<i>En porcentajes</i>	<i>En porcentajes</i>	<i>En porcentajes</i>	<i>En porcentajes</i>
12 197	155 000	5 140	3,32	77	16,2	8,7

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

Es importante considerar la existencia de cuencas transfronterizas cuyo acceso y distribución dan lugar a relaciones complejas entre los países en obras de riego, control de inundaciones, transporte fluvial y contaminación. La gestión compartida de recursos está llamada a fortalecerse ante escenarios de cambio climático que podrían modificar la cantidad y calidad del agua, el transporte de sedimentos y la trayectoria de ríos de las cuencas transfronterizas.

Guatemala es el país de Centroamérica con más cuencas transfronterizas, 13, tres de ellas compartidas con México, una con México y Belice, cinco con Belice, dos con Honduras, una con El Salvador y una con Honduras y El Salvador (véase el mapa III.2). Guatemala también es el país de Centroamérica con la segunda mayor área de cuenca transfronteriza como porcentaje del territorio nacional (64,6%) (CEPAL, CCAD/SUCA, UKAID y DANIDA, 2011). La cuenca del río Lempa es de particular interés por el serio reto de uso compartido de Guatemala con El Salvador y Honduras, razón por la que es objeto de varios acuerdos internacionales como el del Trifinio.

MAPA III.2
CENTROAMÉRICA: CUENCAS HIDROGRÁFICAS



Fuente: CCAD y Banco Mundial, 2010.

En el cuadro III.2 se presentan las principales estadísticas de cobertura del servicio municipal de agua y su tarifa promedio en 2008. El servicio municipal es proveído en casi todo el territorio con agua entubada y mejorada. El servicio de agua entubada incluye conexión dentro de la casa o el terreno y el servicio de agua mejorada incluye conceptos como pozos o nacimientos protegidos. En la población urbana el 98% cuenta con el servicio de agua mejorada, y el 95% tiene el servicio de agua entubada. En la población rural el servicio de agua mejorada alcanza al 90% de la población, mientras que el de agua entubada al 68%. Si se considera a toda la población, el servicio de agua mejorada llega al 94%, y el servicio de agua entubada al 81%. La tarifa promedio es de 0,25 dólares por m³, cálculo hecho a partir de la tarifa reportada en SIECA (2007) para consumos menores a 30 m³/mes, que es baja en la región. La dotación anual de agua en Guatemala en 2005 fue de 64,8 m³ por habitante.

CUADRO III.2
GUATEMALA: COBERTURA Y TARIFAS DEL SERVICIO DE AGUA MUNICIPAL, 2008

Población urbana		Población rural		Población total		Tarifa promedio agua potable (En dólares/m ³)
Servicio de agua mejorada (En porcentajes)	Servicio de agua entubada (En porcentajes)	Servicio de agua mejorada (En porcentajes)	Servicio de agua entubada (En porcentajes)	Servicio de agua mejorada (En porcentajes)	Servicio de agua entubada (En porcentajes)	
98	95	90	68	94	81	0,25

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

Nota: Servicio de agua entubada incluye conexión dentro de la casa o en el terreno. Servicio de agua mejorada incluye otros conceptos como pozo o nacimientos protegidos.

La agricultura es el principal consumidor de agua del país. Los indicadores agropecuarios y de riego se muestran el cuadro III.3. La contribución del sector agropecuario a la economía nacional es importante, el 11,26% del PIB de 2015. El área agrícola con riego es el 6,6% de la superficie agrícola total, la mayor parte de la tierra es destinada a cultivos de temporal que requieren más mano de obra que los cultivos de riego tecnificados. El consumo anual del agua de riego es de 6.867 m³/ha cultivada.

Aun sin cambio climático, esta demanda podría aumentar por la necesidad de alimentar a una población creciente y por la tendencia a aumentar ingresos con cultivos más rentables.

CUADRO III.3
GUATEMALA: INDICADORES AGROPECUARIOS Y DE RIEGO

Contribución del sector agropecuario al PIB nacional de 2015 ^a (En porcentajes)	Área de la agricultura bajo riego ^b (En porcentajes)	Consumo de agua de riego ^c (En m ³ /ha año)
11,26	6,6	6 867

Fuente: ^a CEPALSTAT, 2017. ^b Rojas y Echeverría, 2003. ^c Estimación FAO con datos de 1961-2000, citado en Rojas y Echeverría, 2003.

Los impactos del cambio climático en los recursos hídricos se asocian a diversos factores climatológicos, sociales y estructurales: menor disponibilidad de agua, incremento de la evaporación, problemas de suministro y saneamiento, sobreexplotación de acuíferos, entre otros. La cuantificación de estos impactos no es fácil, debido al alto grado de incertidumbre y más aún con respecto a sus costos económicos, sociales y ecológicos. No obstante, es viable identificar ciertos niveles de riesgo si se comparan posibles escenarios de oferta y demanda de agua con el fin de estimar los costos potenciales de no actuar ante el cambio climático.

Para evaluar los impactos del cambio climático en los recursos hídricos se modelaron escenarios futuros de disponibilidad y demanda de agua sin cambio climático y en los escenarios de emisiones B2 y A2. Se identificaron niveles de riesgo mediante la comparación de posibles escenarios de oferta y demanda a fin de estimar los costos potenciales de no actuar. Los índices que se usaron y que se basan en un cálculo simplificado de la disponibilidad de agua renovable son disponibilidad de agua por habitante e intensidad de uso o de estrés hídrico (Jiménez y Asano, 2008).

Los escenarios de demanda de agua se diseñaron a partir de la demanda consuntiva de agua en 2005, considerando la homogeneidad, calidad y disponibilidad de la información por sector en función del escenario macroeconómico base sin cambio climático:

- Agua municipal: crecimiento poblacional y se mantiene la dotación por habitante actual.
- Agrícola: crecimiento del PIB sectorial y del consumo de agua por unidad del PIB actual.
- Industrial: solo se consideró el crecimiento del sector.

El precio es un factor influyente en la demanda de agua, pero no fue posible obtener suficientes datos para calcularlo debido a la poca uniformidad de las políticas de precios, la variación de las tarifas según el tamaño de las comunidades y ciudades, la existencia de subsidios, y a que, en algunos casos, las tarifas incluyen los servicios de saneamiento y disposición de aguas servidas, además de la deficiente medición del consumo (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

Para estimar la variación de la demanda en escenarios con cambio climático se exploraron diversas opciones en función de la disponibilidad de datos y se establecieron los siguientes supuestos (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011):

- Para el cálculo de la demanda municipal se deben considerar los problemas de medición del consumo, la no distinción entre consumo industrial, comercial y residencial, y los sistemas de tarifas. Después de consultar diversas investigaciones se decidió considerar un incremento de nueve litros por habitante-día (lpcd) por cada grado centígrado de incremento de la temperatura. Esto equivale a un factor anual de 3,28 por cada grado de incremento de la temperatura. Así, se aplicó el factor $(3,28/1\text{ }^{\circ}\text{C de } \Delta)$, que resulta inversamente proporcional a la dotación municipal por habitante.
- La demanda agrícola se estimó considerando el incremento de la demanda de agua de riego causada por aumento de la evaporación, resultado, a su vez, del aumento de temperatura. Así,

el incremento del volumen de agua para riego es proporcional a la evaporación para compensar la pérdida adicional, y se mantiene la misma extensión bajo riego que la actual.

- Dada la ausencia de datos de la demanda industrial para establecer su relación con cambios de precipitación y/o de temperatura en forma histórica o geográfica, se optó por dejar sin cambio los escenarios de cambio climático en este aspecto.

En el cuadro III.4 se muestra la disponibilidad neta de agua según la metodología de Turc (1954) en los escenarios B2 y A2, considerando el volumen de precipitación menos la evapotranspiración. Para distintos valores de temperatura media y precipitación acumulada anuales, se calculó la disponibilidad de agua neta en milímetros (mm), utilizando el promedio de los modelos HADCM3, GFDL R3.0 y ECHAM4 para el escenario B2, y el promedio de HADGEM1, GFDL CM2.0 y ECHAM5 para el escenario A2. Los resultados muestran que conforme aumenta la temperatura y disminuye la precipitación acumulada, disminuye la disponibilidad neta también.

La disponibilidad de agua neta está en función de la precipitación acumulada y la temperatura media. Así, una disponibilidad neta de 458 mm en el escenario A2 al 2100 deriva de una precipitación acumulada de 1.950 mm y una temperatura media de 28,5 °C. La relación de la disponibilidad de agua con la temperatura es inversa; con la precipitación es directa. Los porcentajes de reducción de agua disponible en 2050 y 2100 en el escenario B2, en función de las proyecciones de temperatura y precipitación, fueron 5% y 31,5%. En el escenario A2 son mayores, 29,4% y 66%, respectivamente (véase el cuadro III.4).

CUADRO III.4
GUATEMALA: DISPONIBILIDAD DE AGUA NETA Y PROYECCIONES DE CLIMA
EN ESCENARIOS B2 Y A2, 2000, 2050 Y 2100

	Escenario B2			Escenario A2		
	2000	2050	2100	2000	2050	2100
Precipitación (mm/año)	2 700	2 750	2 450	2 700	2 400	1 950
Temperatura (°C)	23,5	25,0	26,5	23,5	25,5	28,5
Disponibilidad Neta (mm)	1 348	1 280	923	1 348	952	458
Reducciones de disponibilidad	0 %	-5,0%	-31,5%	0 %	-29,4%	-66,0%

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Los resultados de la simulación de la evolución de la disponibilidad total de agua renovable para el período 2000-2100 se presentan en el cuadro III.5 y en el gráfico III.1. En el gráfico se emplea el promedio móvil de los diez años anteriores porque ayuda a identificar la tendencia. Se observa que en ambos escenarios la tendencia de la disponibilidad total de agua renovable es a la baja, menos pronunciada en B2. El escenario base tiene una disponibilidad total de agua renovable de 154,9 mil millones de m³. En B2 la variación sería del 4% para 2030 y de -6% para 2050. En el escenario A2 se proyecta una disminución del 5% en 2030, del 25% en 2050 y del 62% en 2100.

CUADRO III.5
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD TOTAL DE AGUA RENOVABLE,
ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2100

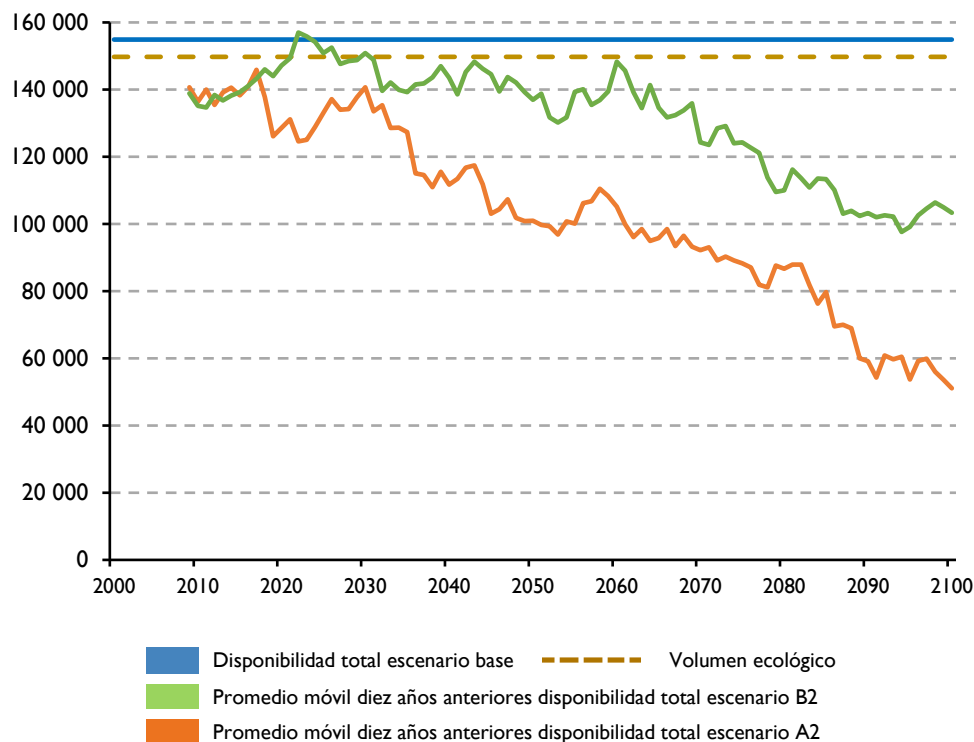
(En miles de millones de m³ por año y variación porcentual con respecto al promedio 2000-2004 de cada escenario)

Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	Variación (En porcentajes)				
							2020	2030	2050	2070	2100
Base	154,9	154,9	154,9	154,9	154,9	154,9	0	0	0	0	0
B2	145,5	147,2	150,9	137,0	124,3	103,3	1	4	-6	-15	-29
A2	134,0	128,6	140,7	100,9	92,2	51,1	-4	-5	-25	-31	-62

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

GRÁFICO III.1
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD TOTAL DE AGUA RENOVABLE,
ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2100

(En millones de metros cúbicos por año con promedios simples de tres modelos)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Como resultado de lo anterior, la disponibilidad de agua por habitante podría disminuir. En el gráfico III.2 y el cuadro III.6 se presentan las proyecciones de esta variable. En el escenario base para 2100 se podrían tener 5.019 m³ anuales por habitante, menos de la mitad del promedio de 2005 (12.197 m³). En B2 se proyecta una disponibilidad de 2.211 m³ anuales por habitante. En A2 sería de 1.469 m³. En porcentajes, las pérdidas son de 82% en B2 y de 88% en A2 con respecto al escenario base.

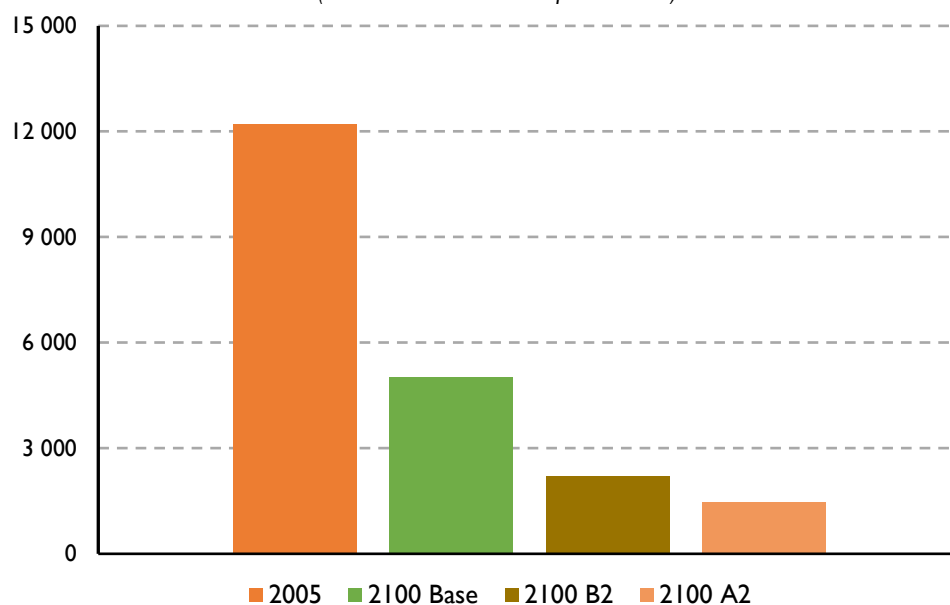
En el gráfico III.3 y el cuadro III.7 se presentan las estimaciones de la demanda total de agua de los sectores municipal, agrícola e industrial para el período 2000-2100. La tendencia de la demanda total sería creciente en todos los escenarios, lo que indica mayor presión sobre el recurso. En el escenario base se tendría un incremento del 140% para 2030, de 324% para 2050, que podría llegar al 1.667% en 2100. En los escenarios B2 y A2 los porcentajes son aún mayores, 2.070% y 2.119%, respectivamente.

El sector municipal en el escenario base muestra una demanda de agua creciente hasta 2050, que luego se torna plana y empieza a declinar en los años cercanos a 2100 como resultado de una menor tasa de crecimiento demográfico. Para 2030 la demanda podría crecer 89% y en 2100 hasta 168%, comparada con la de 2000. En los escenarios B2 y A2 la demanda sería creciente todo el período: un aumento del 200% en B2, y del 234% en A2 para finales de siglo. El incremento de la demanda futura de agua del sector municipal es menor que el de la industria y el de la agricultura.

La demanda de agua del sector agrícola predomina en términos absolutos y representa 77% en términos absolutos. En el escenario base crecería 144% en 2030 y hasta 1.882% en 2100, y representaría 79% y 88% de la demanda total respectivamente. En B2 aumentaría 25% más que en el escenario base en 2100 y en A2 28% más.

La demanda del sector industrial proyecta una tendencia creciente en el escenario base, con un incremento de 2.200 para 2100, por el crecimiento de la actividad económica. En el escenario A2, la distribución del consumo a final del siglo podría ser 90% agrícola, 8% industrial y 2% municipal. El incremento de la demanda de agua de sectores específicos debe considerarse en la toma de decisiones, ya que aun sin cambio climático se prevén aumentos de entre una quinta y una cuarta parte.

GRÁFICO III.2
GUATEMALA: DISPONIBILIDAD DE AGUA POR HABITANTE, 2005 Y ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2100
(En metros cúbicos anuales por habitante)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

El índice de intensidad de uso del agua mide el agua renovable disponible, que incluye la cantidad que escurre o se almacena en cuerpos superficiales o acuíferos y puede ser fácilmente utilizada; no incluye agua recibida de ríos transfronterizos o por desalinización de agua de mar. La literatura internacional acepta que una intensidad de uso superior al 20% del total de agua renovable disponible coloca a un país en situación crítica (WRI, 2009). En 2000, el índice de Guatemala fue de 3,32%, que significa situación no vulnerable.

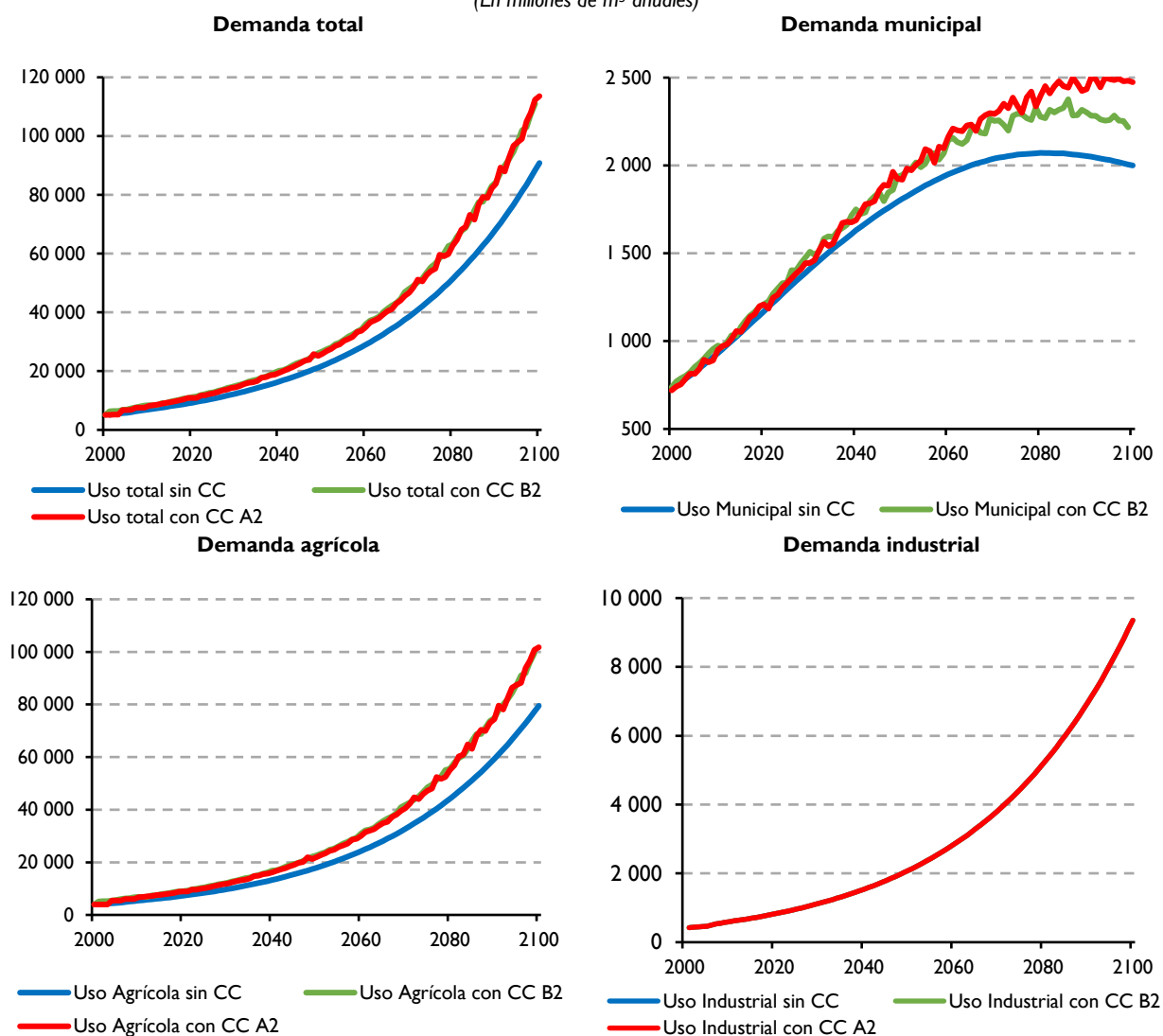
El cálculo de este índice en los escenarios base, B2 y A2 al 2100 se realizó con las estimaciones de disponibilidad de agua renovable total y de la demanda total de agua. Los resultados se presentan en el gráfico III.4 y el cuadro III.8. Al igual que en la demanda de agua, se observa una tendencia creciente en el escenario base. Los escenarios de cambio climático incrementarían considerablemente los porcentajes de pérdida y habría variabilidad, lo cual puede explicarse por los múltiples efectos que suceden en estos escenarios. En el escenario base el índice del 3,32% de 2000 sería 7,97% en 2030 y llegaría a 58,65% en 2100. Estos porcentajes resultan mucho mayores en los escenarios de cambio climático, 9,39% en 2030 y 162,76% en 2100 en B2, y 8,62% en 2030 y 251,03% en 2100 en A2, situaciones que colocarían al país en situación crítica desde mitad de siglo.

CUADRO III.6
GUATEMALA: REDUCCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA POR HABITANTE,
ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2005 Y 2100
(En metros cúbicos anuales por habitante y en porcentajes de reducción)

2005	Disponibilidad por habitante <i>m³/hab.año</i>			Reducción en disponibilidad <i>(En porcentajes)</i>		
	Escenario base	Escenario B2	Escenario A2	Reducción de escenario base	Reducción de escenario B2	Reducción de escenario A2
	Al final del período	Al final del período	Al final del período	Al final del período	Al final del período	Al final del período
12 197	5 019	2 211	1 467	59	82	88

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

GRÁFICO III.3
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA TOTAL, MUNICIPAL, AGRÍCOLA
E INDUSTRIAL CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2100
(En millones de m³ anuales)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

CUADRO III.7
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA TOTAL, MUNICIPAL, AGRÍCOLA
E INDUSTRIAL, CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2100

(En millones de metros cúbicos anuales y porcentajes de variación con respecto a 2000)

Demanda total							Variación con respecto a 2000				
							<i>(En porcentajes)</i>				
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	5 140,6	9 259,9	12 344,8	21 820,0	38 594,7	90 843,2	80	140	324	651	1 667
B2	5 114,8	10 878,0	14 535,3	26 121,7	46 976,7	110 986,6	113	184	411	818	2 070
A2	5 118,3	10 893,0	14 467,3	25 923,4	46 723,7	113 584,6	113	183	406	813	2 119

Demanda municipal							Variación con respecto a 2000				
							<i>(En porcentajes)</i>				
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	746,5	1 169,9	1 412,8	1 809,6	2 039,5	1 999,7	57	89	142	173	168
B2	738,2	1 194,3	1 475,7	1 936,7	2 264,8	2 217,3	62	100	162	207	200
A2	741,6	1 208,7	1 444,5	1 918,9	2 293,7	2 473,9	63	95	159	209	234

Demanda agrícola							Variación con respecto a 2000				
							<i>(En porcentajes)</i>				
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	4 010,3	7 270,2	9 801,1	17 921,1	32 719,4	79 488,0	81	144	347	716	1 882
B2	3 953,9	8 862,2	11 925,3	22 095,7	40 876,1	99 413,8	124	202	459	934	2 414
A2	4 010,3	8 862,9	11 888,5	21 915,2	40 594,2	101 755,2	121	196	446	912	2 437

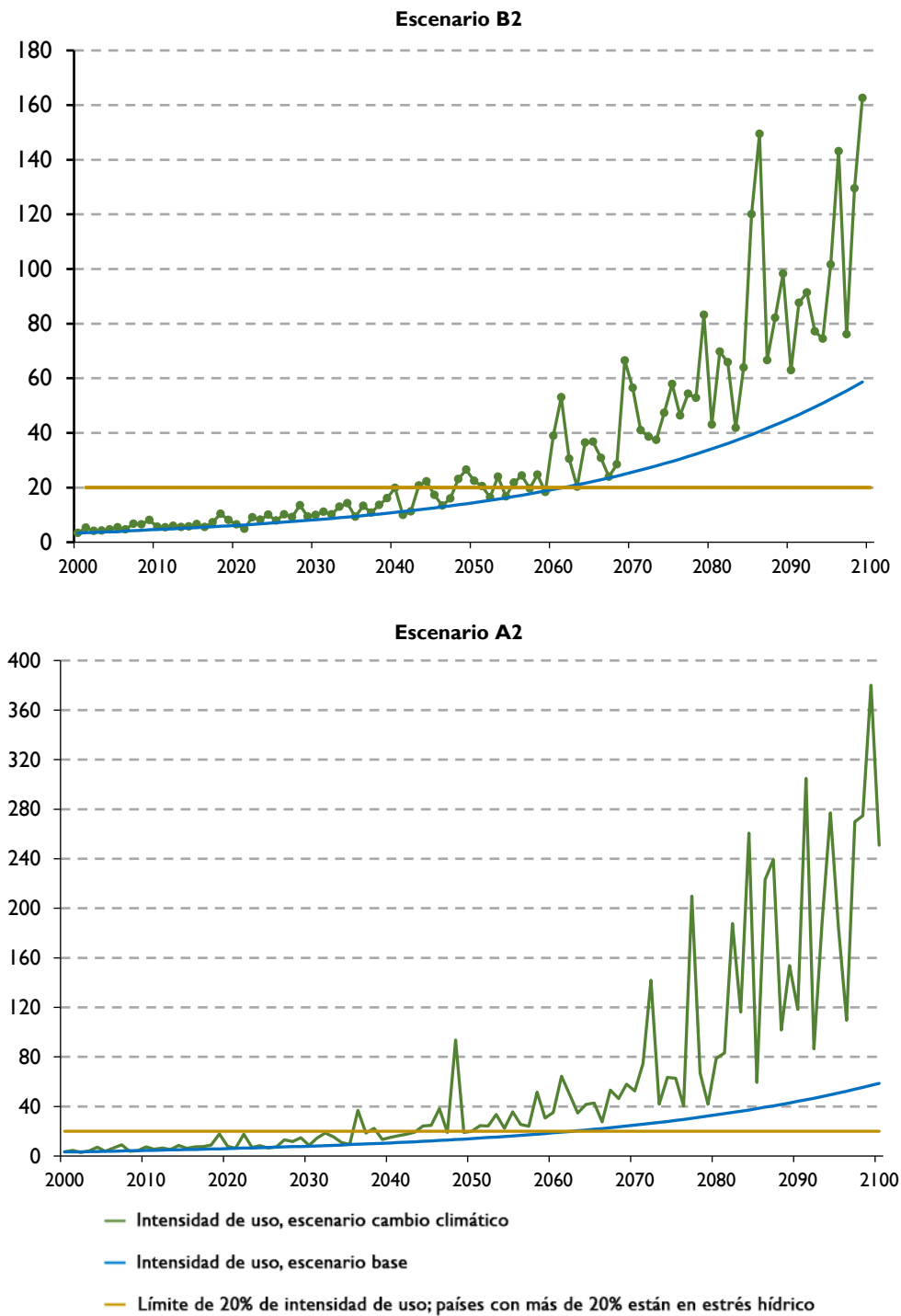
Demanda industrial							Variación con respecto a 2000				
							<i>(En porcentajes)</i>				
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	402,9	819,8	1 130,9	2 089,3	3 835,8	9 355,5	103	181	419	852	2 222

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La estimación de los costos del cambio climático se realizó calculando la diferencia de los costos por empleo de agua entre el escenario base y los escenarios con cambio climático. Se realizaron las siguientes consideraciones:

- El costo de recurrir a nuevas fuentes, debido al incremento de la demanda por cambio climático, con respecto a la demanda prevista sin cambio climático, lo cual resulta en un volumen determinado a ser cubierto; el costo se obtiene de las tarifas de las nuevas fuentes, considerando que aumentarán con el tiempo. Dicho incremento reflejará el costo de transportar el agua desde mayores distancias o de usar agua de menor calidad.
- El déficit de uso, que es igual a la disponibilidad menos el uso, se calcula como volumen en m³, multiplicado por la tarifa de cada uso que se supone constante aquí.
- El costo de mermar el volumen ecológico disponible, que representa la pérdida de capital ambiental. Este cálculo está hecho con el volumen ecológico de referencia (volumen ecológico inicial) menos la capacidad de dotación con cambio climático (disponibilidad total renovable con cambio climático menos uso total con cambio climático).
- El costo del cambio climático es calculado mediante la resta del costo de sus escenarios del costo del escenario base sin cambio climático. Los cálculos se hicieron a precios constantes de 2000. Una oferta insuficiente para cubrir la demanda total de los usos consuntivos ocurre cuando el volumen de agua disponible proyectado para cualquiera de los escenarios resulta menor que la suma de las demandas de agua para todos los usos y para el mismo escenario, considerando siempre un volumen fijo para la demanda ecológica.

GRÁFICO III.4
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE INTENSIDAD DE USO DEL AGUA
CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2100
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

CUADRO III.8
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE INTENSIDAD DE USO DEL AGUA
CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2100

(En porcentajes)

Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100
Base	3,32	5,98	7,97	14,09	24,92	58,65
B2	3,35	8,14	9,39	26,55	66,55	162,76
A2	3,29	7,90	8,62	19,94	52,57	251,03

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

En el cuadro III.9 se presentan las tarifas aquí empleadas, a las que se adjudicó una tasa de crecimiento anual del 4%, independientemente de los usos. En cuanto al costo de la merma del volumen ecológico, dado que se consideró penalizarlo económicamente, se estimó un costo igual a la tarifa de Costa Rica, el único país que la aplica en la región.

CUADRO III.9
GUATEMALA: TARIFAS EMPLEADAS EN EL ESTUDIO

(En dólares por m³ de agua utilizada)

Uso municipal	Uso agrícola	Uso industrial	Uso ecológico
0,25	0,005*	0,88	0,0003

Fuente: SIECA/DGTEI, 2005.

Nota: (*): Ante la inexistencia de tarifa de agua por volumen, se aplica un cargo fijo muy bajo de acuerdo con las hectáreas regadas o el servicio prestado.

Se estimaron los costos asociados al cambio climático según la trayectoria de la demanda de agua por sectores y la disponibilidad total de agua renovable (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). Tales costos equivaldrían al capital acumulado a invertir en los sucesivos cortes de tiempo para garantizar el abasto ante un alza de la temperatura media y una menor disponibilidad. Los costos acumulados se calcularon a valor presente neto (VPN) con tasas de descuento del 0,5%, el 2% y el 4%¹⁰ como porcentaje del PIB de 2008. Las cifras correspondientes permitieron estimar el costo del impacto del cambio climático sobre el recurso hídrico en el período 2008-2100. Los costos estimados fueron calculados a valor corriente por las tarifas crecientes para después estimar los costos a valor constante considerando una tasa de inflación a largo plazo de 3,5% para Guatemala. Los costos no toman a los subsidios en consideración.

RECUADRO III.1 RECOMENDACIONES PARA LA ADAPTACIÓN EN EL USO INCLUYENTE Y SOSTENIBLE DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Para la gestión de los recursos hídricos se pueden considerar las siguientes recomendaciones:

- Manejar el agua en la forma de ciclos cerrados: protección de fuentes, colección y distribución sin desperdicio ni fugas, consumo responsable, tratamiento, reutilización y reciclado del agua residual para su consumo y su reintegración al ambiente, no solo como servicio de suministro y de saneamiento.
- Definir un volumen ecológico en términos del ambiente al que se aspira, referente para acciones de conservación de la biodiversidad, bienes y servicios de los ecosistemas y de las reservas hídricas superficiales y subterráneas en el presente y en el futuro.

¹⁰ Las tasas de descuento estiman el valor actual de los costos futuros. El valor de la tasa de descuento refleja el porcentaje en que una unidad de beneficios presentes es más valiosa que esa misma unidad en un momento futuro. Una tasa de descuento más elevada supone un mayor descuento del futuro, lo que muestra una mayor indiferencia hacia las generaciones futuras y un mayor apego al consumo actual (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

- En el sector municipal, controlar las fugas de agua, asegurar el uso final eficiente mediante tarifas progresivas y justas por volumen de consumo, ampliar y combinar fuentes de agua (reutilizadas, superficiales y subterráneas, especialmente la captura de agua de lluvia) para restaurar el caudal ecológico, recargar acuíferos y fuentes alternas de agua potable y desarrollar normas de construcción de vivienda y programas de hipotecas verdes.
- En el sector agropecuario implementar opciones de ahorro de agua como represas locales, nivelación de suelos, reducción de la evaporación con cama de rastrojo, monitoreo de la humedad del suelo y del agua precipitada y uso eficiente del agua de riego, reubicar la agricultura más sensible a zonas con la precipitación requerida, desarrollar cultivos con menor consumo de agua y más resistentes a la sequía, coordinar la planificación agrícola con la hídrica y promover el uso responsable de fertilizantes y plaguicidas para prevenir la contaminación del agua.
- Desarrollar un plan maestro de gestión integral de recursos hídricos con un portafolio de proyectos financiables, promoviendo la integración regional en esta área vital para la población y las economías.
- Completar la cobertura del acceso al agua potable de la población en situación de pobreza.
- Crear un marco de negociación social de proyectos de infraestructura hídrica que supere el bagaje conflictivo del pasado y permita el desarrollo equitativo y sostenible de poblaciones aledañas a las obras y en las zonas de conservación.
- Diseñar y reordenar los asentamientos humanos y las actividades económicas de acuerdo con la disponibilidad y el desfogue del agua. Por ejemplo, ampliar el desarrollo de sistemas descentralizados de captación de agua de lluvia a nivel doméstico y para servicios públicos y desarrollar sistemas de presas locales de diversos tamaños.
- Impulsar programas de saneamiento y salud pública en entornos rurales que, sin demandar grandes inversiones en infraestructura, podrían traer altos beneficios hídricos y sociales (tinas ciegas, baños secos, ciénagas de oxidación, entre otras).
- Consolidar los programas de agua potable, saneamiento, alcantarillado, colecta, tratamiento y reutilización de aguas tratadas para regar áreas verdes, jardines, parques y camellones, entre otros.
- Desarrollar campañas de información pública y alentar la participación responsable de todos los sectores como apoyo político y social para instrumentar el uso eficiente y protección del recurso.
- Integrar la planeación y el manejo del agua en cuencas hidrográficas con la coordinación en todos los niveles de gobierno para desarrollar programas de trabajo por regiones político-administrativas y asegurar su viabilidad.
- Reforzar y ampliar los marcos legales, impulsando mejoras progresivas a las normas nacionales y programas de pago por servicios ambientales y de uso eficiente, ahorro, tratamiento y reciclaje del agua.
- Establecer diseños y normas de infraestructura hídrica y planes de gestión flexibles ante posibles cambios estacionales como mayor variabilidad de la precipitación y de la disponibilidad del agua a nivel espacial y temporal.
- Considerar diversas escalas de presas, incluyendo las minihidráulicas de abastecimiento para regiones específicas, y analizar la conveniencia de implementar proyectos de represas de usos múltiples (generación de hidroelectricidad, riego, consumo humano y gestión de flujos). Identificar las cuencas amenazadas por los impactos previstos del cambio climático y sus implicaciones para la producción hidroeléctrica.

- Expandir los planes de generación eléctrica por fuentes renovables como la solar y la eólica para diversificar la oferta futura.
- Desarrollar una gestión adecuada de conflictos asociados a los embalses mediante el uso diversificado de presas y vasos reguladores: hidroelectricidad, piscicultura, ecoturismo, riego agrícola, educación ambiental, beneficios directos a pobladores del lugar y otros.
- En los sectores industrial y de servicios, incluyendo el turismo, implementar certificaciones comerciales como la norma ISO 14000, que prevé el uso eficiente, reciclado y no contaminante del agua; incentivos económicos y fiscales, reemplazo de tecnologías de uso intensivo de agua por las de uso eficiente (por ejemplo, el beneficio seco del café y la reutilización del agua de enfriamiento en el procesamiento del azúcar) y evitar vertidos de descargas industriales sin tratar.
- Promover una mayor eficiencia del consumo de agua y del consumo energético relacionado: eficiencia energética en bombeo, conducción y abastecimiento de agua de diferentes calidades y usos.
- Fomentar la transportación fluvial ordenada dentro de Guatemala.
- Consolidar y fortalecer la institucionalidad nacional y regional del sector.

Fuente: CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, UKAID y DANIDA, 2015.

Las estimaciones de los costos totales por abastecimiento de agua en los escenarios B2 y A2 en Guatemala se presentan en el cuadro III.10. En B2 se observa que con una tasa de descuento del 0,5% se tendrían costos del 0,96% del PIB para 2030 y de hasta el 6,26% para 2100. Con una tasa de descuento del 2% resultaría un costo del 2,94%. Con una tasa del 4% los costos podrían llegar a 1,40% del PIB. En el escenario A2 con una tasa de descuento del 0,5% se tendría un costo de hasta el 12,95%, mientras que con una tasa del 4% se podría llegar al 1,96% del PIB.

CUADRO III.10
GUATEMALA: ESTIMACIÓN INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DE CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO B2) EN LOS RECURSOS HÍDRICOS A 2100
(En porcentajes del PIB de 2008 a valor presente neto)

Escenario	Tasas de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
B2	0,50%	0,51	0,96	2,05	3,35	6,26
	2%	0,46	0,80	1,47	2,06	2,94
	4%	0,41	0,65	1,00	1,21	1,40
A2	0,50%	0,59	1,06	2,46	4,11	12,95
	2%	0,52	0,88	1,72	2,47	5,12
	4%	0,45	0,69	1,14	1,40	1,96

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

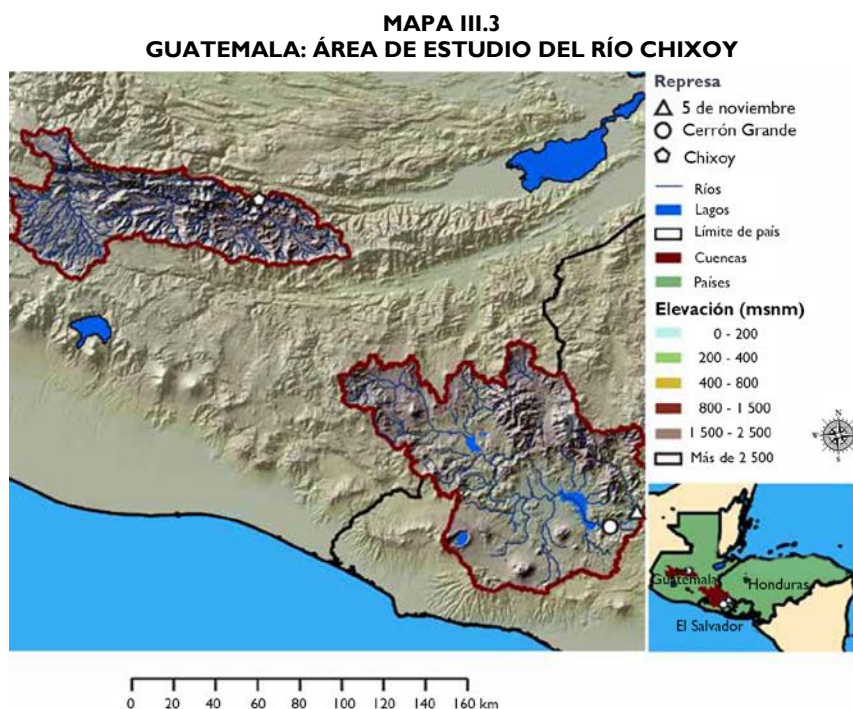
A manera de conclusión, Guatemala es un país privilegiado con una disponibilidad promedio de agua de 12.197 m³ anual por habitante, el doble del promedio mundial. Esta disponibilidad se caracteriza por ser desigual en el tiempo en virtud de los períodos de lluvia y sequía, la variación de la demanda de los asentamientos humanos densos, el desarrollo industrial y la producción agrícola de riego. Con el aumento de la población y el crecimiento de las actividades productivas, la demanda de agua podría crecer un 140% en 2030, un 324% en 2050 y hasta un 1.667% al final del siglo en el escenario base sin cambio climático. En el escenario A2 estos aumentos podrían llegar al 183%, 406% y 2.119% en los mismos cortes de tiempo. En este mismo escenario la disponibilidad total de agua renovable en Guatemala podría disminuir un 25% en 2030, un 31% en 2050 y un 62% en 2100 con respecto a 2000.

La disponibilidad de agua por habitante podría pasar de 12.197 m³ anuales a 1.467 m³ anuales por habitante hacia 2100.

La combinación de cambios en la demanda y en la disponibilidad de este vital recurso con cambio climático aumentaría la intensidad del uso de agua en un 8,6% en 2030, un 19,9% en 2050 y un 251% en 2100 si no se toman medidas de adaptación y ahorro. El nivel de intensidad del uso de agua de 2100 sería muy superior al umbral del 20% aceptado internacionalmente como crítico para el estrés hídrico. La gestión adecuada de los recursos hídricos requiere manejar el agua en ciclos cerrados y definir un volumen ecológico, que es la cantidad de agua necesaria para el mantenimiento y la reproducción de los ecosistemas, la conservación de la biodiversidad, los bienes y servicios que estos proveen y las reservas hídricas superficiales y subterráneas en el presente y en el futuro. La gestión también debe implementar medidas para la mayor eficiencia del consumo de agua, incluyendo al sector agropecuario, y desarrollar un plan maestro de gestión integral de recursos hídricos con portafolios de proyectos financiables. La gestión debe orientarse también a completar la cobertura del acceso al agua potable de la población que vive en situación de pobreza e impulsar programas de saneamiento y salud pública en áreas rurales.

B. HIDROELECTRICIDAD

Los regímenes irregulares de lluvia ya han generado impactos en la producción de hidroenergía en Centroamérica. Entre 1991 y 1992 hubo períodos de racionamiento de electricidad en Guatemala, Honduras, El Salvador y Panamá (CEPAL, 2011a). El estudio *Dos casos de impactos potenciales en la generación de hidroelectricidad*, de la iniciativa ECC CA, estima el efecto esperado del cambio climático en la generación de energía hidroeléctrica (CEPAL, CEL, MARN, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012). El estudio describe la producción de energía de la hidroeléctrica Chixoy (que utiliza las aguas del río Chixoy y drena hacia el Golfo de México), basado en información cartográfica, meteorológica, hidrológica y de operación (véase el mapa III.3).



Fuente: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).

En sus proyecciones, el estudio incluye la simulación de las condiciones meteorológicas del cambio climático, asumiendo que las condiciones hidrológicas y de los embalses no cambian. No incluye, por ejemplo, la sedimentación de los embalses, que disminuye continuamente la capacidad de almacenamiento. La disminución de la capacidad de generación debida a la sedimentación de los embalses es un factor importante que requiere un estudio específico de los datos de transporte de sedimento y de la batimetría periódica.

La información para la simulación de la cuenca del río Chixoy fue proporcionada por el Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala (INDE). Comprende datos de precipitación, temperatura y evaporación de tanque de las estaciones meteorológicas de la cuenca y sus cercanías, así como de los caudales de las estaciones hidrométricas instaladas en el río Chixoy (véanse los mapas III.4 y III.5). Además, se contó con información de la generación de energía mensual de la planta.

MAPA III.4
GUATEMALA: ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CHIXOY



Fuente: Sistema de Información Geográfica del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala.

MAPA III.5
GUATEMALA: ESTACIONES HIDROMÉTRICAS DE LA CUENCA DEL RÍO CHIXOY

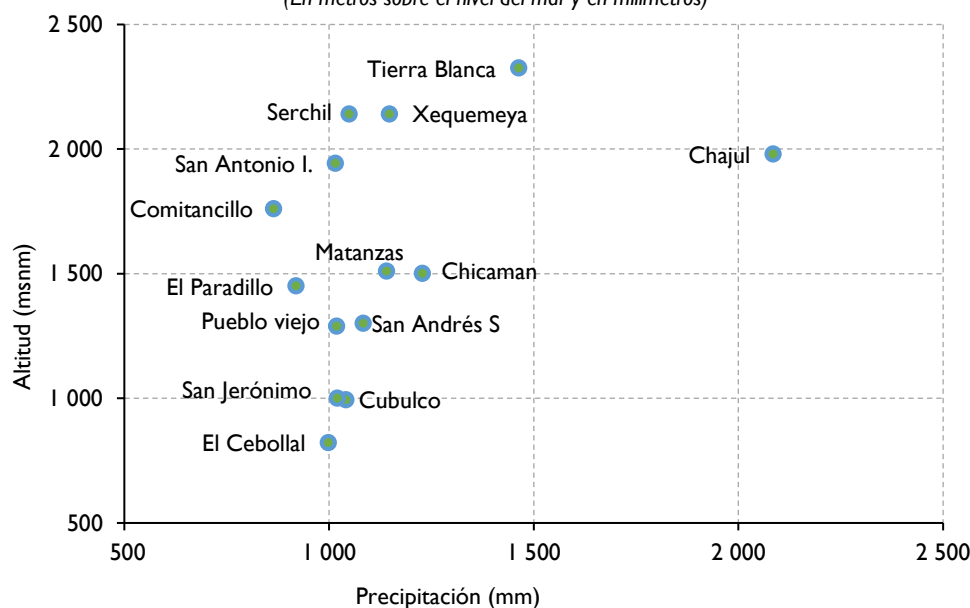


Fuente: Sistema de Información Geográfica del Ministerio de Energía y Minas de Guatemala.

Los datos de precipitación se procesaron por meses y se obtuvieron los totales anuales para obtener promedios de una serie de 1979 a 2008, que se completaron con ecuaciones de regresión de las

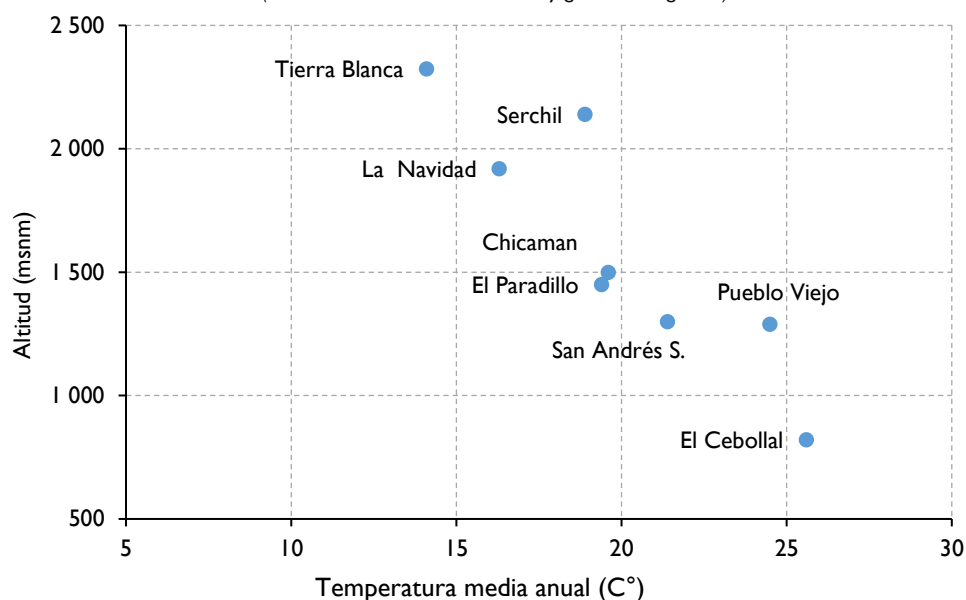
correlaciones entre las series. Con las series de precipitación anual se elaboró el gráfico III.5, que presenta la variación de la precipitación en relación con la altitud. Esta información equivale a los ingresos netos de agua a las subcuencas y es el dato básico de los modelos de simulación de la precipitación. En el gráfico III.5 se muestra que la precipitación no varía en forma significativa con la altitud. Esto facilita la simulación debido a que solo el área al sur de la Sierra de los Cuchumatanes presenta niveles de precipitación que se incrementan sustancialmente con la altitud.

GRÁFICO III.5
GUATEMALA: RELACIÓN PRECIPITACIÓN-ALTITUD DE LA CUENCA DEL RÍO CHIXOY, 1979-2008
 (En metros sobre el nivel del mar y en milímetros)



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

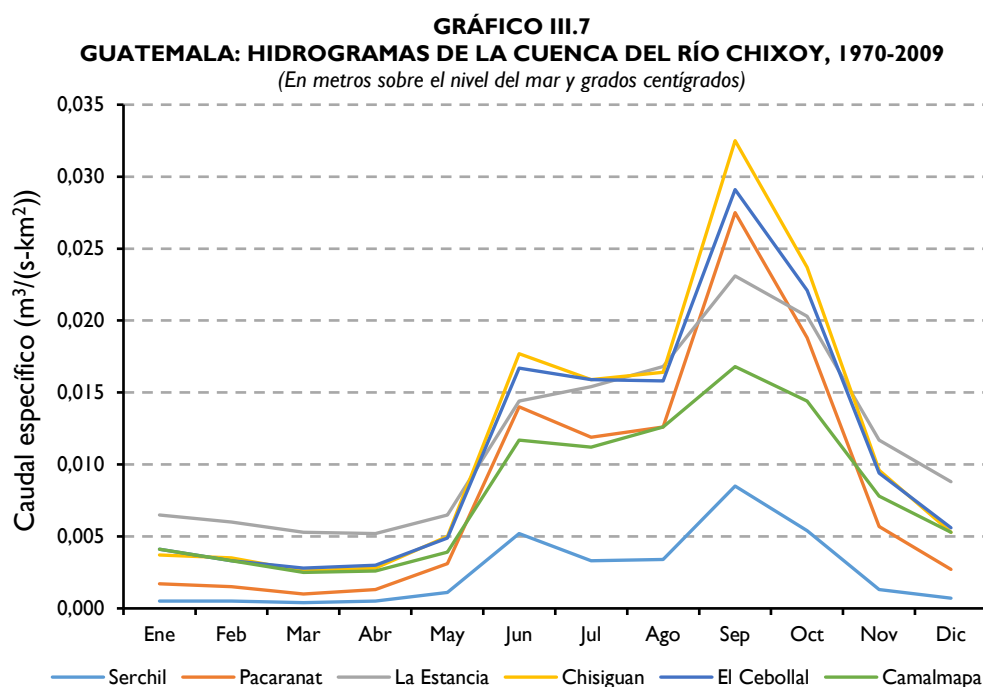
GRÁFICO III.6
GUATEMALA: RELACIÓN TEMPERATURA-ALTITUD DE LA CUENCA DEL RÍO CHIXOY, 1979-2008
 (En metros sobre el nivel del mar y grados centígrados)



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

Los datos de temperatura se procesaron a nivel mensual y se obtuvieron los promedios anuales de las series de datos disponibles. La temperatura varía poco a lo largo del año, por lo que no se consideró necesario correlacionar las series para completarlas. El modelo de temperatura-elevación generado con esta información se muestra en el gráfico III.6 y es utilizado para estimar las pérdidas por evapotranspiración en la cuenca.

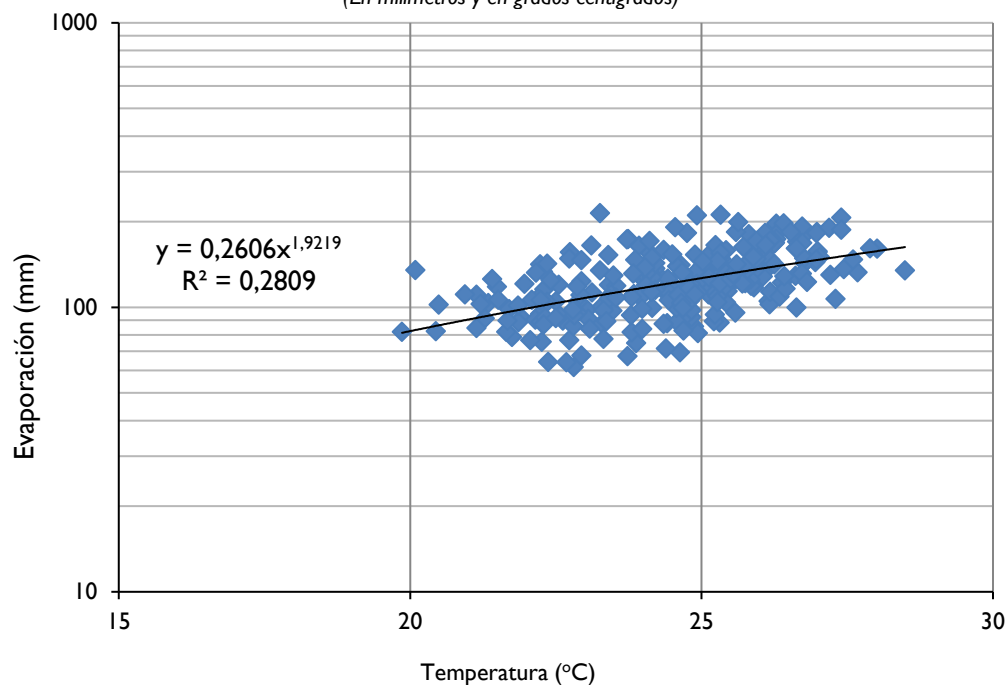
Las series de caudales disponibles fueron completadas mediante correlaciones entre las series de caudales mensuales de las estaciones para formar una serie de 40 años (1970-2009). Los resultados se muestran en el gráfico III.7 como rendimientos específicos para hacerlos comparables. El rendimiento específico se calcula como el caudal medio del período considerado, dividido entre el área de la cuenca de aporte, y se mide en $\text{m}^3/\text{s}/\text{km}^2$ (metros cúbicos por segundo por kilómetro cuadrado). Como puede apreciarse, solo la estación Serchil presenta caudales con rendimientos específicos sustancialmente menores a los de las otras estaciones.



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

La relación entre la evaporación mensual de tanque tipo “A”, es decir, la evaporación de una superficie libre en el embalse del Chixoy y la temperatura media mensual, se presenta en el gráfico III.8. La evaporación aumenta con la temperatura. Esta relación fue utilizada para estimar el incremento de las pérdidas del embalse por aumento de la temperatura en los escenarios futuros.

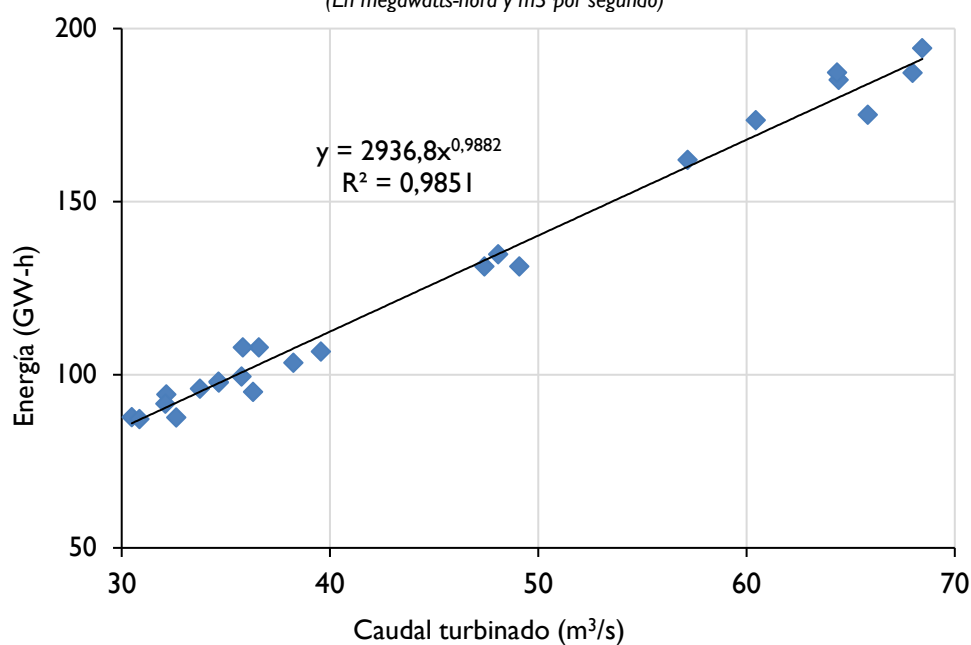
GRÁFICO III.8
GUATEMALA: RELACIÓN ENTRE TEMPERATURA Y EVAPORACIÓN DEL EMBALSE CHIXOY, 1970–2009
 (En milímetros y en grados centígrados)



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

Para el análisis de la producción de energía de la planta del Chixoy se contó con información del caudal turbinado y de la energía producida diariamente durante los años 2006 y 2007. De ella se derivaron los promedios de energía mensual y del caudal turbinado. La comparación se muestra en el gráfico III.9.

GRÁFICO III.9
GUATEMALA: RELACIÓN MENSUAL CAUDAL TURBINADO-ENERGÍA DE LA HIDROELÉCTRICA CHIXOY, 2006 Y 2007
 (En megawatts-hora y m³ por segundo)



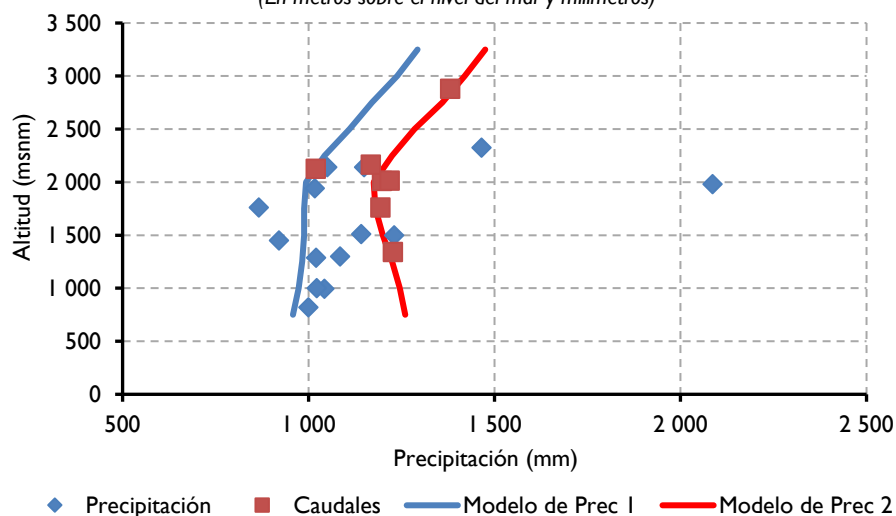
Fuente: CEPAL, CEL, MARN, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012.

La cuenca del río Chixoy fue simulada estableciendo la mejor relación entre precipitación y altitud para las condiciones de temperatura y geomorfología de la cuenca, en dos fases:

- Se simularon los caudales con la mejor estimación de la relación precipitación-altitud permitida por los datos.
- Se obtuvieron las altitudes medias de las estaciones y cálculo de las curvas hipsométricas de las cuencas hasta esos mismos sitios. Una vez obtenidas las elevaciones medias de las cuencas, se pueden comparar los rendimientos unitarios de los caudales y la lluvia equivalente en los sitios de las estaciones.

El gráfico III.10 muestra la comparación de los datos de precipitación de las estaciones meteorológicas, los de la lluvia equivalente de los caudales de las estaciones hidrométricas y las curvas de precipitación con respecto a la elevación. Para asegurar mejores resultados se utilizaron dos modelos de precipitación, uno para las partes bajas y otro para las partes altas de la cuenca. Esto se decidió al considerar que la estación Pacaranat presenta caudales muy bajos pese a alcanzar elevaciones relativamente altas. La precipitación permanece prácticamente constante en elevaciones menores a 2.000 msnm, variando entre los 900 mm y los 1.300 mm. La mayor precipitación ocurre en elevaciones mayores, como indica una de las estaciones hidrométricas, lo que confirma la importancia de la orografía para el volumen de lluvia, que es el principio del modelo.

GRÁFICO III.10
GUATEMALA: RELACIÓN ENTRE PRECIPITACIÓN Y ALTITUD EN LA CUENCA DEL RÍO CHIXOY, 1979–2008
(En metros sobre el nivel del mar y milímetros)



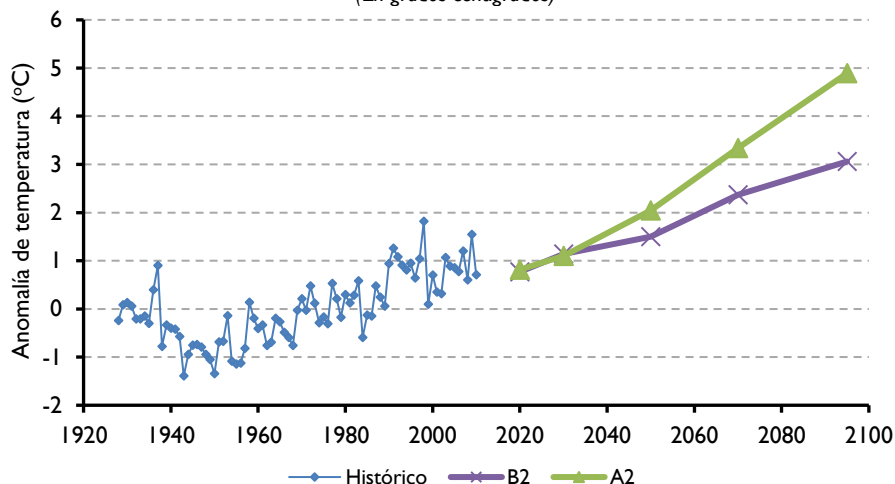
Fuente: CEPAL, CEL, MARN, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012.

En los escenarios de cambio climático B2 y A2 se asume que la temperatura seguiría aumentando en las décadas siguientes. En el caso de la precipitación, los registros históricos indican que los volúmenes han variado en las últimas décadas. La distribución de la precipitación en el tiempo no muestra la misma tendencia en las estaciones examinadas. En los gráficos III.11 y III.12 se muestran las series históricas de temperatura y precipitación de la estación del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH) y las tendencias proyectadas por los escenarios de cambio climático, en las que destaca el potencial aumento del nivel de temperatura. En el caso de la precipitación hay registros de años en los que ha sido tan baja como la que prevén los escenarios de cambio climático más severos.

Los modelos de temperatura que resultan de aplicar las anomalías al modelo original de temperatura, escenarios B2 y A2, se muestran en el cuadro III.11. A mayor altitud, menor temperatura en ambos escenarios. Por cada metro adicional de altitud, la temperatura disminuye en 0,006 °C. En general, las temperaturas son más elevadas en A2 que en B2.

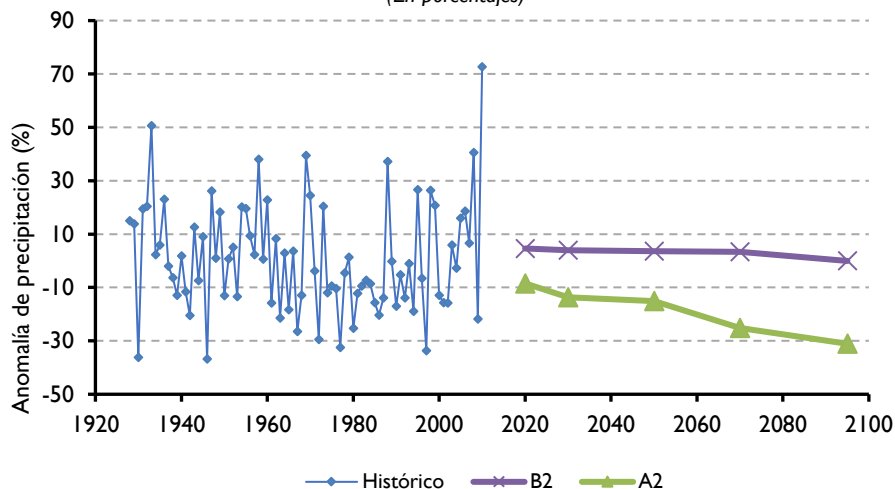
Los modelos meteorológicos desarrollados se aplicaron al modelo de la cuenca para obtener los caudales en cada corte y por escenarios. Los caudales se distribuyeron según la distribución promedio del sitio de la planta hidroeléctrica. Las proyecciones de los caudales anuales en los escenarios B2 y A2 se muestran en el cuadro III.11. El caudal anual medio disminuiría en el período 2020-2100 con respecto al promedio histórico. La mayor disminución es la de A2, un caudal anual promedio de 9,22 m³/s para el corte 2100. En el escenario B2 se tendrían 39,79 m³/s para ese corte.

GRÁFICO III.11
GUATEMALA: ESTACIÓN INSIVUMEH, CAMBIO DE LA TEMPERATURA MEDIA,
ESCENARIOS B2 Y A2, 1920-2100
(En grados centígrados)



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

GRÁFICO III.12
GUATEMALA: ESTACIÓN INSIVUMEH, CAMBIO DE LA PRECIPITACIÓN ACUMULADA,
ESCENARIOS B2 Y A2, 1920-2100
(En porcentajes)



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

CUADRO III.11
GUATEMALA: MODELO DE TEMPERATURA Y RESULTADOS DE SIMULACIONES
DE LA CUENCA DEL RÍO CHIXOY, ESCENARIOS B2 Y A2, 2020 A 2100
(En grados centígrados y metros cúbicos por segundo)

Período	Modelo de temperatura (°C)		Caudal medio anual (m³/s)	
	B2	A2	B2	A2
Histórico	T=31,03-0,006*H	T=31,03-0,006*H	54,99	54,99
2020	T=31,80-0,006*H	T=31,84-0,006*H	57,00	40,70
2030	T=32,17-0,006*H	T=32,13-0,006*H	54,18	33,82
2050	T=32,53-0,006*H	T=33,08-0,006*H	51,79	28,76
2070	T=33,40-0,006*H	T=34,37-0,006*H	46,92	16,39
2100	T=34,09-0,006*H	T=35,92-0,006*H	39,79	9,22

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

Para estimar la operación de la planta con los resultados de la simulación hidrológica de los escenarios de cambio climático se adoptaron reglas de operación similares a las de la planta, que son las siguientes:

- la cota mínima de operación es 772 msnm. La operación de la planta empieza con esta cota al inicio de la temporada de lluvias en junio;
- la operación de la planta finaliza con la época de estiaje a la cota mínima de operación;
- llenado del embalse al final de la época de caudales altos en octubre, a la cota de 803 msnm;
- reducción de vertidos al mínimo, y
- el caudal turbinado máximo es de 75 m³/s.

Para facilitar la simulación de la producción de la planta se adoptaron funciones que representan las curvas de área-elevación y volumen-elevación. Las pérdidas por evaporación en el embalse se calcularon con el promedio de la evaporación con las temperaturas correspondientes a las elevaciones 772 msnm y 803 msnm.

La evaporación de superficies libres como lagos y embalses es menor que la de los tanques evaporímetros por el efecto de convección sobre la superficie de agua. Para calcular la evaporación en los escenarios de cambio climático se calculó una elevación equivalente a la temperatura del período y a la evaporación correspondiente. El cálculo de la evaporación en los escenarios B2 y A2 se presenta en el cuadro III.12, con aumento de pérdidas en ambos casos, mayores en A2.

CUADRO III.12
GUATEMALA: PÉRDIDAS POR EVAPORACIÓN DEL EMBALSE CHIXOY, ESCENARIOS B2 Y A2, 2020 A 2100
(En milímetros)

Período	Evaporación (mm)	
	B2	A2
Histórico	97,3	97,3
2020	102,8	103,1
2030	105,5	105,2
2050	108,2	112,3
2070	114,8	122,3
2100	120,2	134,9

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

En el cuadro III.13 se muestra la evolución de la generación de energía en ambos escenarios. En B2 podría aumentar para 2020, posteriormente alcanzaría relativa estabilidad y disminuiría a partir de 2050 hasta el 26% en 2100 con respecto al promedio histórico. En el escenario A2 la reducción es progresiva desde las primeras décadas y termina con una pérdida del 83% con respecto al promedio del período 1979–2008. Estas cifras representan una pérdida de 477 GW-h en B2 y 1.499 GW-h en A2.

CUADRO III.13
GUATEMALA: GENERACIÓN DE ENERGÍA DE LA PLANTA CHIXOY, ESCENARIOS B2 Y A2, 2020 A 2100
(En giga watts-hora y en porcentajes)

Año	Energía(GW-h)			
	B2		A2	
	GWh	Porcentajes	GWh	Porcentajes
Histórico	1 805		1 805	
2020	1 899	5	1 359	-25
2030	1 806	0	1 130	-37
2050	1 727	-4	961	-47
2070	1 565	-13	544	-70
2100	1 329	-26	305	-83

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

En el estudio Vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas de producción hidroeléctrica en Centroamérica y sus opciones de adaptación (OLADE, BID y AEA, 2013) la OLADE desarrolló e implementó una metodología para determinar la vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas de generación hidroeléctrica existentes¹¹. Los resultados para Guatemala corresponden a la planta Chixoy.

Los resultados indican que la precipitación media sobre la cuenca evolucione desde un incremento del 3,3 % en 2010 hasta una disminución del 8,3 % en 2090, mientras que se espera que aumente la temperatura desde 0,5 °C hasta 3,5 °C en los mismos períodos. Derivado de lo anterior, se espera que la aportación resultante varíe -4,6% en 2030, -25,7% en 2050, -34,9% en 2070 y -46,5% en 2090 (véase el cuadro III.14). Las cifras anteriores son valores medios obtenidos para el conjunto de escenarios considerados, A2, B1 y A1B.

CUADRO III.14
GUATEMALA: VALORES CLIMÁTICOS Y APORTACIONES EN EL APROVECHAMIENTO
ANALIZADO EN FUNCION DEL CAMBIO CLIMÁTICO

Variable	Valor actual (1980 a 1999)		Variación con respecto a la situación actual, según proyección*					expresada en
	Valor	Unidad	2010	2030	2050	2070	2090	
Precipitación	1 192	mm/año	3,3	-0,6	-3,9	-4,0	-8,3	%
Temperatura	19,96	° C	0,5	1,1	1,8	2,6	3,5	Δt
Aportación	358	mm/año	15,2	-4,6	-25,7	-34,9	-46,5	%

Fuente: OLADE, BID y AEA, 2013.

A partir del promedio de los escenarios descritos se obtuvieron proyecciones de la potencia firme y la producción hidroeléctrica de la planta. La producción de 1990 alcanzó los 1.750 GWh/año, pero se esperan variaciones de -8,6% en 2030, -21,5% en 2050, -32,3% en 2070 y -44,8% en 2090 como promedio de los tres modelos (véase el cuadro III.15). La potencia firme del aprovechamiento fue de 279 MW en 1990, pero se esperan descensos de 15,9% en 2030, de 23,7% en 2050, de 39,3% en 2070 y de 44,8% en 2090 por efecto del cambio climático.

¹¹ Véanse los aspectos metodológicos referentes a modelos, supuestos, escenarios, modelo de simulación y valoración económica en OLADE, BID y AEA (2013).

CUADRO III.15
GUATEMALA: POTENCIA FIRME Y PRODUCCIÓN HIDROELÉCTRICA ANUAL DE LA CENTRAL
HIDROELÉCTRICA CHIXOY, 1990 Y ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO 2010-2090

Período de observación	Escenario	Potencia firme (MW)		Producción anual (GWh)		Var. Pot. Firme por sedimentación (Δ MW)	Var. Prod. anual por sedimentación (Δ GW.h)
		Valor	Desviación típica	Valor	Desviación típica		
1990	--	279	--	1 750	--	0,5	-0,4
2010	A2	252	51	1 766	174	-0,1	0,0
	B1	278	6	1 784	149	-1,2	0,7
	A1B	275	19	1 877	57	-5,2	0,1
2030	A2	210	70	1 530	191	-0,4	0,6
	B1	259	32	1 607	73	-0,4	0,5
	A1B	235	62	1 660	93	-0,6	0,5
2050	A2	211	49	1 355	194	-2,3	-0,3
	B1	230	47	1 431	217	-1,2	0,7
	A1B	198	72	1 336	189	-0,5	0,5
2070	A2	140	43	1 107	304	-5,1	0,2
	B1	218	37	1 356	119	-0,6	0,4
	A1B	150	49	1 092	241	-2,5	-1,6
2090	A2	81	48	652	313	-4,6	1,2
	B1	229	71	1 341	332	-0,5	0,0
	A1B	152	102	904	434	-0,1	0,1

Fuente: OLADE, BID y AEA, 2013.

En lo que concierne a las posibles medidas de adaptación del aprovechamiento Chixoy frente a efectos del cambio climático, se ha analizado la influencia que tendría la ejecución del aprovechamiento Serchil¹² aguas arriba de la presa Chixoy. Del análisis se desprende que la ejecución de Serchil aumentaría la producción en Chixoy desde 75 GW/h hasta 87 GW/h y 81 GWh/año. En las proyecciones 2010, 2030 y 2050 de A2 también aumentaría la potencia firme en 39 MW, 46 MW y 31 MW (véase el cuadro III.16).

CUADRO III.16
GUATEMALA: VARIACIÓN DE PRODUCCIÓN Y POTENCIA EN FIRME DEL APROVECHAMIENTO CHIXOY
DERIVADA DE LA EJECUCIÓN DE SERCHIL, 1990 Y ESCENARIO A2, 2010, 2030 y 2050

Períodos de análisis y escenario considerado	1990	Escenario A2		
		2010	2030	2050
Potencia firme (MW)	279	249	207	209
Potencia firme con nuevo aprovechamiento (MW)	281	288	253	240
Variación de potencia firme (MW)	2	39	46	31
Producción hidroeléctrica (GW.h/año)	1 750	1 766	1 530	1 355
Producción hidroeléctrica con nuevo aprovechamiento (GW.h/año)	1 819	1 841	1 617	1 436
Variación de la producción hidroeléctrica (GW.h/año)	69	75	87	81

Fuente: OLADE, BID y AEA, 2013.

La valoración económica de los impactos del cambio climático sobre la generación hidroeléctrica de Guatemala se realizó analizando primero la totalidad del sistema eléctrico y luego la central hidroeléctrica con y sin medidas de adaptación. El análisis muestra que los sobrecostos de la central Chixoy estarían en un rango entre los 67 millones de dólares y los 597 millones de dólares, dependiendo del escenario y la tasa de descuento considerados (véase cuadro III.17). Esto representa

¹² El estudio valoró la influencia que la construcción de la planta en la subcuenca Serchil podría tener en la explotación futura de Chixoy, sin llegar a valorar o tener en cuenta las ventajas e inconvenientes derivadas de la propia ejecución del aprovechamiento Serchil. Este análisis no incluye la conveniencia o no de ejecutar Serchil.

promedios que van del 7% al 67% del valor de las inversiones. Los costos medios de producción aumentarían entre 5,6 dólares/MWh y 11,5 dólares/MWh.

CUADRO III.17
GUATEMALA: RESULTADOS PARA EL ESTUDIO DEL APROVECHAMIENTO CHIXOY
CON Y SIN MEDIDAS DE ADAPTACIÓN

Tasas de descuento	12,0				4,0				2,0				0,5			
Escenarios	REF	HID	REN	INT2	REF	HID	REN	INT2	REF	HID	REN	INT2	REF	HID	REN	INT2
SIN medidas de adaptación																
CP flujo sobrecostos (En millones de dólares)	73	70	67	74	279	217	207	280	428	309	296	425	606	416	398	597
CP flujo sobrecostos/ inversiones (En porcentajes)	8	8	7	8	31	24	23	31	48	34	33	47	67	46	44	66
CAE incremento costo medio (En dólares/MWh)	6,1	5,8	5,6	6,2	9,7	7,5	7,2	9,7	10,8	7,8	7,4	10,7	11,5	7,9	7,6	11,4
VP emisiones incrementales (En millones de dólares)	6,4	6	4,7	6,7	24,8	22,4	13,3	27,4	38,6	34,9	19,2	43,3	56,6	50,4	26,4	63
CON medidas de adaptación																
VP beneficios por adaptación 1 (En millones de dólares)	65	62	60	65	146	114	109	147	196	142	135	195	253	174	166	249
VP emisiones ahorradas por adaptación 1 (En millones de dólares)	5,7	5,3	4,2	6	13	11,7	6,9	14,3	17,7	16	8,8	19,8	23,2	21	11	26,2
VP beneficios por adaptación 2 (En millones de dólares)	3,0	3,2	3,1	3,2	6,9	6,1	6,5	6,9	9,2	7,8	8,4	9,1	11,7	9,8	10,6	11,6
VP emisiones ahorradas por adaptación 2 (En millones de dólares)	0,4	0,3	0,3	0,3	0,7	0,6	0,6	0,7	0,9	0,7	0,8	1,0	1,1	0,9	1,0	1,2

Fuente: OLADE, BID y AEA, 2013.

Notas: *REF*: Escenario con restricciones al desarrollo hidroeléctrico e incluye interconexiones con Colombia y SIEPAC; *HID*: Escenario sin restricciones al desarrollo hidroeléctrico; *REN*: Escenario con restricciones al desarrollo hidroeléctrico que promueve el desarrollo de energías renovables no convencionales; *INT2*: Escenario con restricciones al desarrollo hidroeléctrico sin interconexión con Colombia.

Internalizando los costos incrementales de las emisiones de GEI (valorizados en 20 dólares/t de CO₂) en función de las estrategias de sustitución de la producción hidroeléctrica provocada por el cambio climático, se observa que los sobrecostos aumentarían en un rango del 6,4% al 12% a valor presente de las emisiones incrementales. En caso de construirse la central de Serchil, su operación derivaría en importantes beneficios para la central de Chixoy con valores entre 60 millones de dólares y 253 millones de dólares, sin considerar el ahorro de emisiones de CO₂.

RECUADRO III.2
RECOMENDACIONES PARA LA ADAPTACIÓN DE GENERACIÓN HIDROELÉCTRICA

- Dar prioridad a la generación de energía por llenado de embalse más que por lluvias cuando el flujo que ingresa a los embalses es menor que el flujo turbinado; cuando el flujo es mayor la generación de energía se maximiza. Durante el vaciado se generaría más energía que no es superior a la generación anual.
- Considerar planes de sustitución o recuperación de embalses, así como de bosques y su manejo integral, ya que debido a la sedimentación de los embalses se reduciría su capacidad total de almacenamiento, que a su vez disminuiría el total de energía eléctrica generada.
- Ampliar la red estaciones meteorológicas. La información es primordial en la toma de decisiones ante cambios en las variables, por lo cual suficientes estaciones de servicio meteorológico ayudarán en este proceso de acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Las pocas estaciones en cuencas no permiten valorar la variación en lluvias a distintas altitudes. Asimismo, si se considera la evaporación en el cálculo de pérdidas se permitirá una mejor evaluación en la generación de energía.
- Analizar la variación anual y estimar escenarios que pronostiquen los cambios para dos décadas, distinguiendo entre años secos y húmedos, con el fin de evaluar el cambio climático.
- Otros factores como el uso del suelo y el crecimiento poblacional, así como su mitigación y capacidad de respuesta, se incluirán en el modelo. En el análisis de adaptación al cambio climático deben considerarse los proyectos futuros de embalses tanto para la operación de rutina como de emergencia ante exceso o deficiencia de caudales.
- Mejorar la eficiencia del manejo del agua de tal manera que permita hacer frente a los períodos de emergencia. Esta eficiencia se podría mejorar mediante programas de reforestación y cuidado de bosques.
- Incluir el parámetro de evaporación en la operación de la generación de energía que permita estimar pérdidas.
- Aumentar el almacenamiento de agua que puede hacer frente a períodos de escasez.
- Extender este análisis a cuencas, en particular a las estratégicas, siendo de importancia específica las que poseen menor flujo o se encuentran al filo del agua en sus operaciones.

Fuente: CEPAL, CEL, MARN, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012; y CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

En conclusión, a partir de los escenarios de cambios potenciales de temperatura, precipitación anual y patrones intranuales se prevén mayores riesgos e incertidumbre para la generación de hidroelectricidad. El efecto combinado del alza de la temperatura y los cambios de la precipitación aceleran la evapotranspiración en las cuencas, su caudal y la evaporación en los embalses hidroeléctricos. Al respecto, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) realizó el estudio Vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas de producción hidroeléctrica en Centroamérica y sus opciones de adaptación (OLADE, BID y AEA, 2013). El objetivo de dicho estudio fue desarrollar e implementar una metodología mediante estudios de caso, para determinar la vulnerabilidad de los sistemas de generación hidroeléctrica ante el cambio climático. De acuerdo con el estudio de la planta Chixoy de Guatemala, a partir de las proyecciones de temperatura y precipitación en la cuenca en el escenario A2, se presentarían los siguientes porcentajes de disminución de la generación eléctrica: 13% en 2030, 23% en 2050 y 63% en 2090 con respecto de la generación promedio de 1990.

En cuanto a la adaptación de la generación hidroeléctrica al cambio climático, se recomienda considerar ajustes al diseño técnico de nuevas represas, diversificar la mezcla de fuentes renovables en la matriz de energía eléctrica y generar planes de sustitución o recuperación de embalses, así como de manejo integral de cuencas y paisajes, incluyendo los bosques. Esto permitiría hacer frente a períodos de emergencia y mejoraría la eficiencia del manejo del agua. Es recomendable considerar los paisajes de las cuencas en los análisis y desarrollar estrategias con las poblaciones locales, siendo de mayor importancia las represas con menor flujo o que operan a filo del agua (que operan con el flujo del agua).

IV. IMPACTOS POTENCIALES EN AGRICULTURA: GRANOS BÁSICOS Y CAFÉ, SEGURIDAD ALIMENTARIA Y ASEGURAMIENTO

Uno de los principales temas de los estudios del cambio climático es su impacto en la agricultura, pues las variaciones del clima son determinantes para el crecimiento y desarrollo de los cultivos y la producción pecuaria. Los trastornos potenciales del ciclo hidrológico afectarían la precipitación y la evapotranspiración, modificando las condiciones de humedad y aridez del suelo, así como la frecuencia y duración de las sequías, y la severidad de las precipitaciones que provocan inundaciones. Una mayor aridez propiciaría una mayor frecuencia de los incendios forestales, pérdidas considerables de producción de granos básicos y desfases de ejecución de prácticas agrícolas como la siembra, el control de plagas y la cosecha.

En este capítulo se presentan los principales resultados de los estudios de cambio climático y agricultura realizados por la iniciativa ECC CA para Guatemala. El análisis de los granos básicos está relacionado directamente con la seguridad alimentaria y nutricional de la población en condición de pobreza y exclusión social de los países, dado que la principal consecuencia de las afectaciones climáticas a la agricultura es la disminución de la disponibilidad de alimentos. Asimismo, se revisa la situación de los microseguros, una herramienta importante para la adaptación.

A. PANORAMA DEL SECTOR AGRÍCOLA

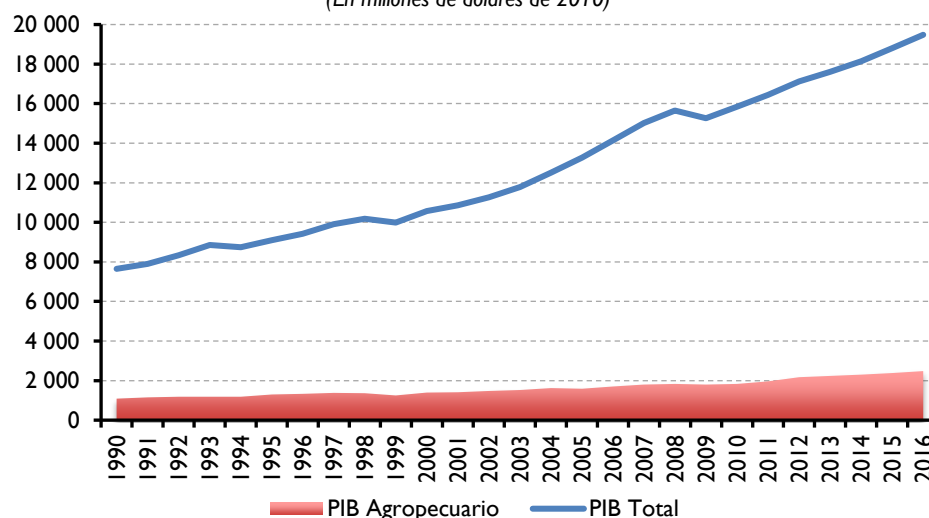
La actividad productiva en Guatemala se caracterizó por un crecimiento económico sostenido durante la mayor parte del período 1990-2016, con una tasa de variación anual promedio de 3,7% y un crecimiento casi nulo en 2009, este último como resultado negativo de la crisis financiera internacional en las economías desarrolladas. El comportamiento del PIB agropecuario registró una marcada volatilidad en este mismo período, con incrementos de hasta 10,7% en 2012 y caídas de -8,5% en 1999. Su tasa de variación anual fue de 3,2%, por debajo del crecimiento del total de la economía (véase el gráfico IV.1). La participación del PIB agropecuario en la actividad económica general ha reportado variaciones de importancia. En 1990 la participación del PIB agropecuario en el PIB nacional fue del 14,1%, con una reducción a 11,6% en 2010, mientras en los últimos años ha mostrado una recuperación hasta alcanzar 12,7% en 2016. Estas cifras sugieren que aun cuando la actividad agropecuaria se mantiene creciente en el tiempo, otras ramas de actividad se han acelerado proporcionalmente más que la agropecuaria.

Es importante revisar la evolución de la superficie cosechada y el destino de sus productos para identificar posibles tendencias del sector (véase el gráfico IV.2). En el período 1980-2011, Guatemala tuvo un incremento considerable de las hectáreas totales dedicadas a la agricultura. En 1980 eran 1.321.620 ha y llegaron a 2.101.010 ha en 2011, lo equivalente a un incremento del 59% en todo el período. Con respecto a las hectáreas dedicadas a cultivos de consumo interno, en 2011 fueron

1.117.270, es decir, se incrementaron en 41% con respecto a 1980. La superficie destinada a cultivos de exportación aumentó 41%, y la de cultivos no tradicionales 168%, lo que da idea de un proceso de orientación de producción de cultivos no tradicionales más rentables. La participación de la superficie de consumo interno en 1980 fue de 60% y en 2011 fue de 56%, la de cultivos tradicionales pasó de 34% a 30% y la de cultivos no tradicionales subió de 6% a 17%. Lo anterior muestra que la dinámica del sector agropecuario ha sido consistente con la orientación del modelo de promoción de exportaciones a los mercados de economías desarrolladas, con la consecuente mayor dependencia de los precios internacionales y del comportamiento de la demanda externa.

GRÁFICO IV.1
GUATEMALA: PRODUCTO INTERNO BRUTO TOTAL Y AGROPECUARIO
A PRECIOS CONSTANTES DE MERCADO, 1990-2016

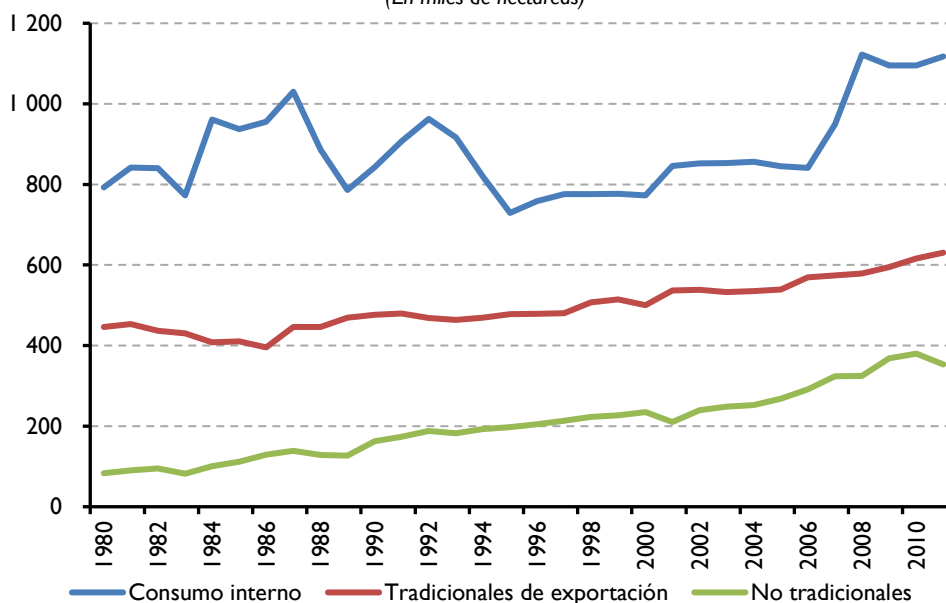
(En millones de dólares de 2010)



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

GRÁFICO IV.2
GUATEMALA: SUPERFICIE DE CULTIVOS DE CONSUMO INTERNO, TRADICIONALES
DE EXPORTACIÓN Y NO TRADICIONALES, 1980-2011

(En miles de hectáreas)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2014.

RECUADRO IV.1
GUATEMALA. POLÍTICAS NACIONALES AGROPECUARIAS

En su Plan Operativo Anual 2012, el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala (MAGA) estableció los siguientes programas para el sector agropecuario (MAGA, 2012a):

- Política Nacional de Desarrollo Rural Integral, cuyo objetivo es “lograr un avance progresivo y permanente en la calidad de vida de los sujetos priorizados y, en general, de los habitantes de los territorios rurales, a través del acceso equitativo y uso sostenible de los recursos productivos, medios de producción, bienes naturales y servicios ambientales, para alcanzar el desarrollo humano integral sostenible en el área rural”.
- Política Agropecuaria 2011-2015, cuyo objetivo es “incidir en el desarrollo humano integral sostenible de la población del área rural, coadyuvando al ordenamiento territorial y el impulso de los sectores agropecuario, forestal e hidrobiológico, priorizando la promoción de la economía rural, indígena y campesina, promoviendo el acceso equitativo a los medios de producción y el uso sostenible de los recursos naturales y servicios ambientales, con el propósito de alcanzar la soberanía alimentaria, el logro de excedentes y su incorporación a los diferentes tipos de mercado”. Los ejes son seguridad alimentaria y nutricional, desarrollo productivo y comercial agropecuario, sanidad agropecuaria, política institucional para consolidación, fortalecimiento y modernización del MAGA.

Este Plan Operativo Anual establece acciones de política para promover la organización y las capacidades comunitarias, incluyendo capacitación, asistencia técnica y entrega de insumos para mejorar la producción de granos básicos, hortalizas, frutas y otros cultivos, y crédito para la producción de granos básicos por pequeños productores. Estas políticas fueron ratificadas por el Plan Operativo Anual 2013.

Dentro de este plan se establecen acciones para contribuir a implementar el Plan Hambre Cero, que incluye incentivos a la producción agropecuaria comercial como dotación de insumos, asistencia técnica, capacitación y otras acciones para mejorar la productividad de los cultivos y los ingresos de los pequeños productores (MAGA, 2012b). Con respecto a las políticas de seguridad alimentaria, el Programa Estratégico Agricultura Familiar/Cosecha Segura apoya el almacenamiento de alimentos con tecnología apropiada para reducir las pérdidas de grano después de la cosecha (MAGA, 2012b).

En cuanto a la política comercial, el país tomó medidas para limitar la importación de maíz blanco después de la firma del DR-CAFTA, estableciendo un arancel del 25% que desalienta su importación salvo cuando los precios domésticos son muy altos. No obstante, la mayor parte de las importaciones de maíz son de la variedad amarilla, sujeta a un arancel del 5% en situaciones de desabasto nacional y del 15% en situaciones normales. El volumen máximo de maíz importado se negocia entre los productores organizados y los industriales en mesas presididas por el gobierno. Según Fuentes López y otros (2005), esta medida no ha logrado reducir las importaciones, pero el producto solo llega procesado al mercado nacional.

Con respecto al arroz, en 2012 el gobierno solicitó la autorización del Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana (COMIECO) para importar un máximo de 16.000 toneladas de arroz con arancel cero debido a condiciones de desabasto nacional. La medida fue aprobada con carácter de urgente y precisó modificar los Derechos Arancelarios a la Importación contenidos en el Arancel Centroamericano de Importación.

Fuente: CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

La producción de granos básicos (maíz, arroz y frijol) tiene una importante participación en el sector agrícola de Guatemala, igual que en todo Centroamérica, debido a que son los principales productos de la dieta de la población. En las siguientes secciones se presenta el análisis de los tres granos básicos y el café en cuanto a la evolución de rendimientos y producción, distribución geográfica de la producción por departamentos y los impactos que el cambio climático puede provocar sobre los rendimientos.

Para estimar los impactos del cambio climático en la producción de granos básicos se obtuvieron los registros de producción y rendimiento en los 22 departamentos con datos de la década de 2000. Se realizó una climatología ajustada con los promedios de temperatura y precipitación mensual de la misma década de la base del CRU TS3.1. La metodología utilizada fue la de funciones de producción¹³, con las que se estimaron los efectos de la temperatura y la precipitación en los rendimientos. Con estas funciones se estimaron los impactos potenciales del cambio climático en los escenarios B2 y A2. Una explicación detallada de la metodología, las bases de datos y los ajustes de las estimaciones se encuentra en *Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica* (CEPAL y CAC/SICA, 2013a).

B. MAÍZ

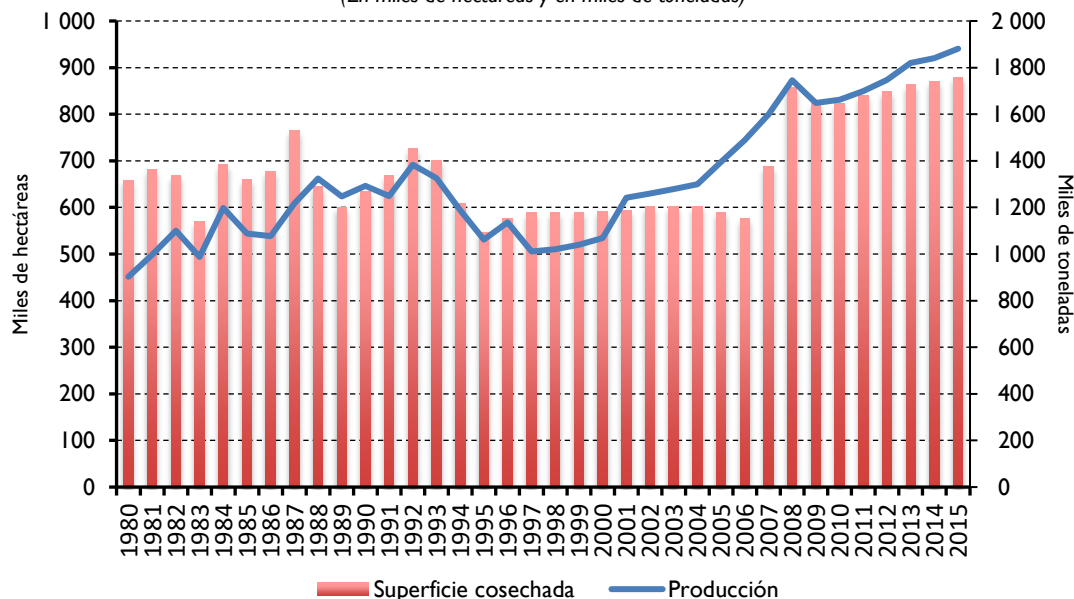
El maíz es el principal cultivo de Guatemala y de Centroamérica con el 48% de la producción regional total en 2014 (SIAGRO, 2017). En Guatemala, dos terceras partes de la superficie total cosechada de maíz es de monocultivo y el resto es de siembra asociada o intercalada (INE, 2004). La mayoría de los productores cultiva para autoconsumo, utilizando tecnología tradicional y semitecnificada con grano propio como semilla.

En el gráfico IV.3 se muestra la evolución de la superficie cosechada y de la producción de maíz en el período 1980-2015. La superficie cosechada se ha incrementado en las últimas tres décadas a una tasa del 0,8%, mientras que la producción ha aumentado a una tasa del 2,1%, lo que indica una significativa mejora de los rendimientos. A principio de la década de 1980, por cada 1.000 hectáreas se producían 1.600 toneladas (t) de maíz, comparado con el período 2010-2015, donde la producción fue de 2.078 t por mil hectáreas.

Los rendimientos del maíz reflejan las variaciones de la superficie cosechada y del volumen de producción obtenida. En el período de análisis se observa una tendencia creciente de los rendimientos (véase el gráfico IV.4). En 1980 el rendimiento fue de 1,4 t/ha y la producción de 902.400 t, para 2015 el rendimiento fue de 2,1 t/ha y la producción fue de 1.880.993 t, lo que representa un incremento en los rendimientos del 56% en todo el período. En 2006 se registraron los mayores rendimientos, con 2,6 t/ha.

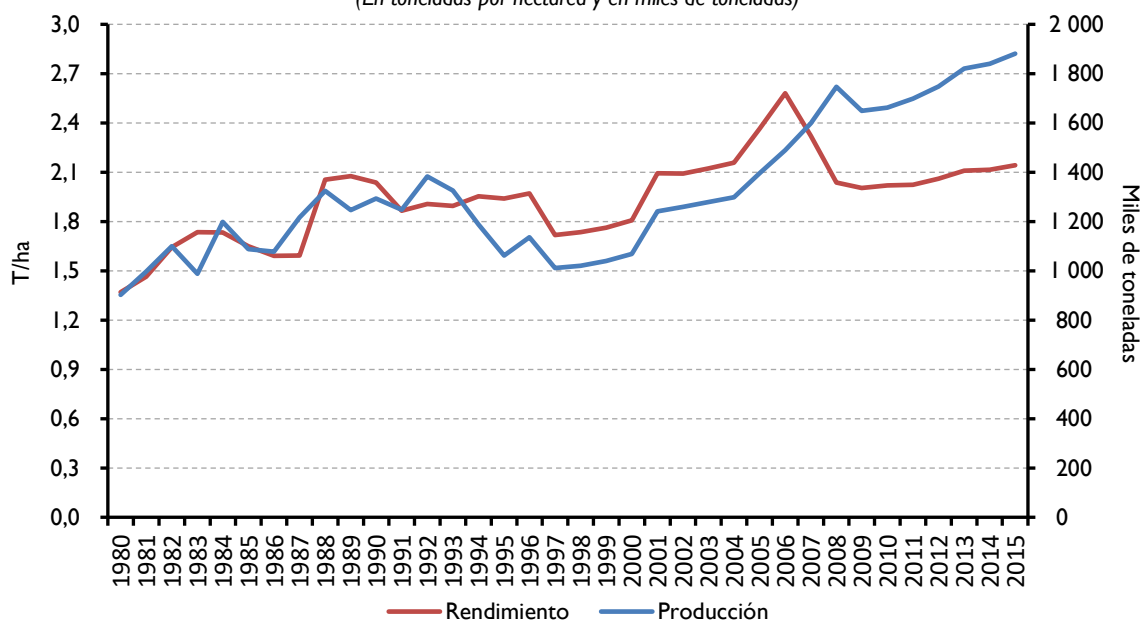
¹³ El enfoque de funciones de producción se basa en establecer una relación entre el nivel de producción o rendimiento y los factores que lo determinan, principalmente insumos, precios, tecnología y ambiente (Segerson y Dixon, 1998). Fleischer, Lichtman y Mendelsohn (2007) distinguen las variables endógenas, exógenas y de capacidad productiva. Las variables endógenas son trabajo, capital, fertilizantes y otros insumos. Las exógenas comprenden variables climáticas, geográficas y condiciones de suelo, entre otras. Las características de los agricultores incluyen variables de capital humano. En el análisis de funciones de producción, la relación entre los rendimientos y las variables climáticas tiene una forma cuadrática, es decir, el efecto de la temperatura y la precipitación sobre la producción no es lineal.

GRÁFICO IV.3
GUATEMALA: SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE MAÍZ, 1980-2015
 (En miles de hectáreas y en miles de toneladas)



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2016.

GRÁFICO IV.4
GUATEMALA: RENDIMIENTOS Y PRODUCCIÓN DE MAÍZ, 1980-2015
 (En toneladas por hectárea y en miles de toneladas)



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

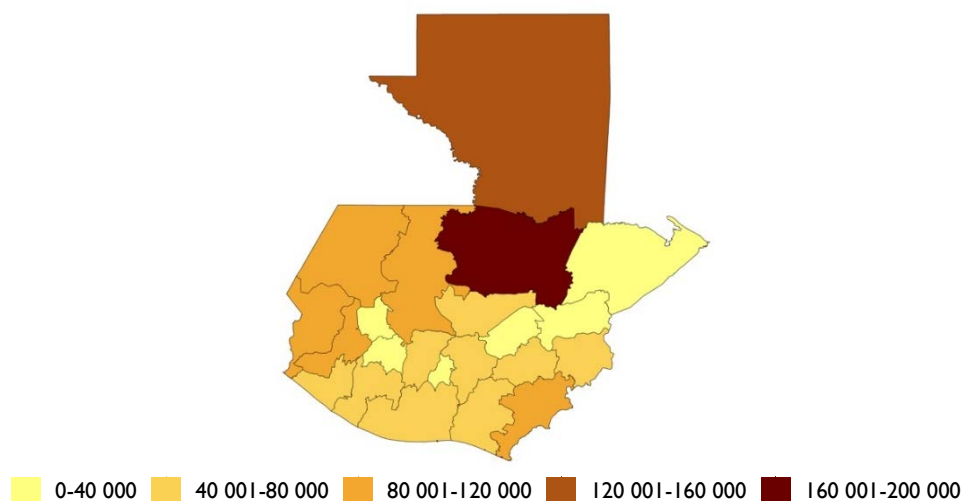
En el cuadro IV.1 y el mapa IV.1 se presenta la producción de maíz por departamentos en promedios anuales del período 2001-2009. El maíz es cultivado en todo el país para autoconsumo, para el mercado, y es uno de los alimentos básicos de la población. Los departamentos que tienen participación mayor al 10% son Alta Verapaz con 169.612 t equivalentes al 11,94% y El Petén con 143.928 t, equivalentes al 10,13%. Ambos departamentos se ubican al norte del país. Los departamentos con volúmenes de producción menores al 1% son Sacatepéquez y El Progreso, en el centro y el noreste del país.

CUADRO IV.1
GUATEMALA: PRODUCCIÓN DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009
(En toneladas)

Departamento	Producción 2001-2009	Participación (En porcentajes)
Alta Verapaz	169 612	11,94
Baja Verapaz	42 575	3,00
Chimaltenango	59 802	4,21
Chiquimula	47 064	3,31
El Petén	143 928	10,13
El Progreso	12 235	0,86
El Quiché	109 022	7,67
Escuintla	74 054	5,21
Guatemala	44 393	3,13
Huehuetenango	84 799	5,97
Izabal	21 654	1,52
Jalapa	63 544	4,47
Jutiapa	116 728	8,22
Quetzaltenango	95 970	6,76
Retalhuleu	50 955	3,59
Sacatepéquez	12 811	0,90
San Marcos	83 643	5,89
Santa Rosa	51 296	3,61
Sololá	33 973	2,39
Suchitepéquez	53 308	3,75
Totonicapán	34 629	2,44
Zacapa	14 559	1,02
TOTAL	1 420 554	100,00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

MAPA IV.1
GUATEMALA: PRODUCCIÓN DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009
(En toneladas)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

Los rendimientos históricos del maíz por departamento se presentan en el cuadro IV.2. El promedio nacional es 1,91 t/ha en el período 2001-2009. Los departamentos con rendimientos superiores a las 2 t/ha son Sacatepéquez, Guatemala, Retalhuleu, Chimaltenango, Santa Rosa y Quetzaltenango. Cabe señalar que Escuintla alcanza rendimientos superiores a 3 t/ha. En contraparte, los departamentos con los menores rendimientos son Zacapa con 1,08 t/ha y Alta Verapaz con 1,41 t/ha.

Los impactos potenciales del cambio climático (escenarios B2 y A2) en los rendimientos de maíz se calcularon con los coeficientes estimados de las funciones de producción histórica¹⁴, lo que permitió que los promedios mensuales de temperatura y precipitación variaran con los escenarios, mientras los valores del resto de las variables se mantuvieron constantes en los promedios del período 2001-2009. No se consideraron cambios en los modos de producción, en la extensión de la superficie sembrada, ni en acciones de adaptación.

Las proyecciones de los escenarios B2 y A2 para los rendimientos del maíz por departamento se presentan en el cuadro IV.2, los gráficos IV.5 y IV.6 y los mapas IV.2 y IV.3. Los resultados son heterogéneos debido a la diversidad de las condiciones climáticas del territorio de Guatemala y sus proyecciones en los escenarios de cambio climático. Se encontró que algunos departamentos podrían aumentar sus rendimientos, otros podrían disminuirlos moderadamente (menos del 10%), y otros tendrían pérdidas mayores (más del 10%). En B2, seis departamentos podrían tener aumento en los rendimientos y en 2100 serían ocho, todos ellos del altiplano occidental, los de mayor incremento serían Totonicapán (19,39%), Quetzaltenango (17,42%) y El Quiché (13,63%). Los departamentos con mayor reducción de rendimientos en este escenario serían Izabal (-39,17%), El Petén (-31,44%) y Suchitepéquez (-24,77%) en 2100. En total, ocho departamentos tendrían aumentos, cuatro tendrían pérdidas moderadas y diez tendrían pérdidas severas a final del siglo.

En el escenario A2, dos departamentos tendrían aumentos en 2030 y serían cuatro para 2100; Totonicapán sería el de mayor incremento con 23,38%. En cambio, Izabal también podría tener las mayores pérdidas con el 70,29%. En total, cuatro departamentos tendrían aumentos, cinco tendrían pérdidas moderadas y 13 tendrían pérdidas severas a final del siglo. Para finales de siglo, el rendimiento nacional promedio del maíz podría disminuir un 7,42% en B2 y un 22,43% en A2.

La distribución geográfica de las disminuciones de rendimientos de maíz por regiones en los escenarios de cambio climático para 2100 se presenta en los mapas 4.2 y 4.3. El escenario B2 proyecta reducción en la zona norte del país en 2100. Las reducciones en A2 serían mayores y en más regiones, lo que afectaría departamentos con un volumen grande de producción.

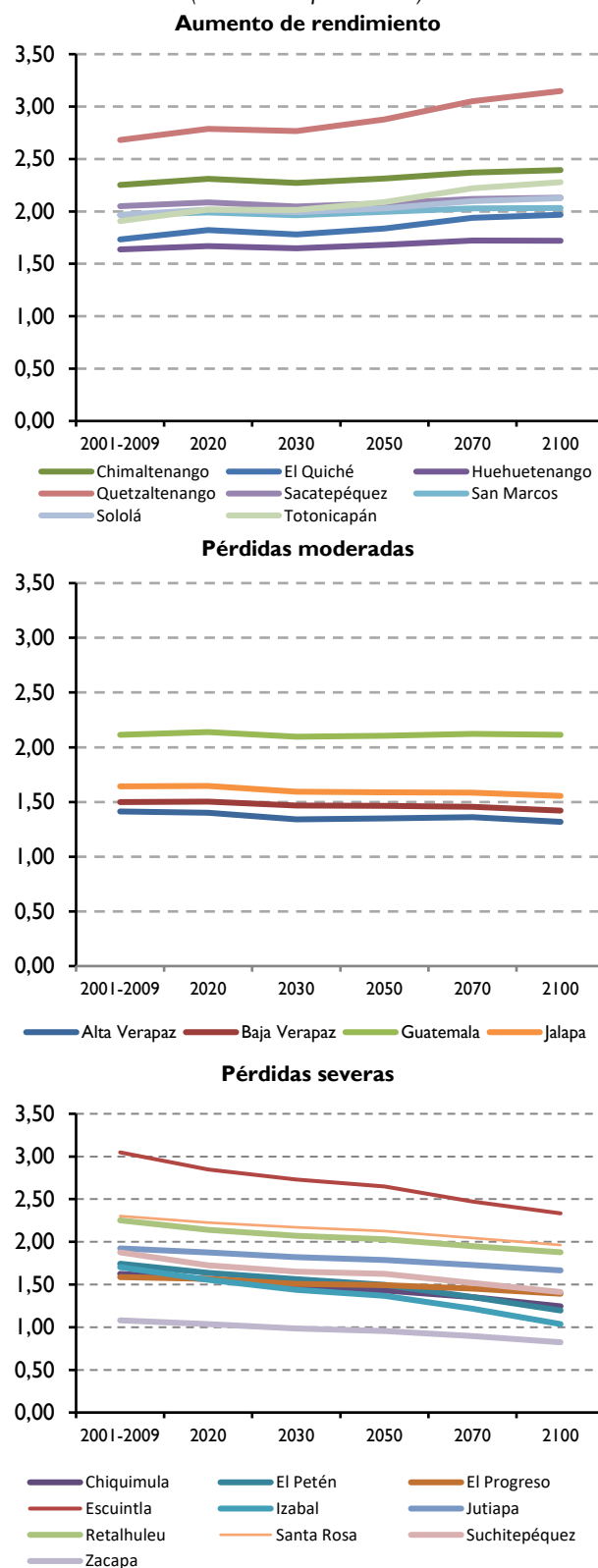
¹⁴ Las ecuaciones se estimaron para toda Centroamérica a nivel de departamentos con un modelo de datos panel para estimar los rendimientos de cada grano básico en función de variables económica (PIB, PIB agrícola, precios de los granos), variables de localización geográfica (latitud, longitud y altitud), variables de capital humano (tasa de alfabetización, población), variables de tipo de suelo y datos climáticos (temperatura y precipitación), CEPAL y CAC/SICA, 2013.

CUADRO IV.2
GUATEMALA: RENDIMIENTO DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009,
ESCENARIOS B2 Y A2 CON CORTES A 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
(En t/ha para 2001-2009 y en porcentajes para escenarios B2 y A2)

Departamento	2001-2009	B2					A2				
		2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Alta Verapaz	1,41	-0,92	-5,10	-4,60	-3,75	-6,72	-8,99	-8,70	-13,73	-15,78	-21,94
Baja Verapaz	1,50	0,27	-2,20	-2,27	-2,94	-5,20	-3,80	-3,60	-7,14	-10,14	-16,94
Chimaltenango	2,25	2,66	0,84	2,66	5,24	6,31	-3,24	-1,78	-1,69	0,49	-0,04
Chiquimula	1,63	-3,75	-9,23	-11,94	-16,80	-23,45	-11,88	-13,17	-23,69	-34,71	-50,77
El Petén	1,74	-6,20	-10,38	-14,11	-22,32	-31,44	-11,36	-13,31	-23,12	-37,06	-52,84
El Progreso	1,59	-1,32	-4,92	-5,93	-8,45	-12,23	-6,62	-6,75	-13,05	-19,48	-30,39
El Quiché	1,73	5,14	2,71	5,95	11,84	13,63	-5,20	-2,89	-2,66	4,04	6,06
Escuintla	3,05	-6,53	-10,43	-13,09	-18,90	-23,46	-17,55	-15,26	-28,51	-40,29	-55,18
Guatemala	2,11	1,18	-0,85	-0,52	0,38	-0,05	-3,88	-3,26	-5,35	-6,01	-9,46
Huehuetenango	1,64	1,83	0,73	2,69	5,19	5,01	-3,24	-0,98	-1,53	0,86	-0,55
Izabal	1,70	-8,63	-15,68	-19,67	-28,66	-39,17	-20,73	-24,13	-36,47	-52,08	-70,29
Jalapa	1,64	0,24	-2,92	-3,23	-3,47	-5,30	-6,15	-5,91	-10,29	-13,34	-19,91
Jutiapa	1,92	-2,55	-5,46	-7,07	-10,14	-13,42	-6,86	-6,66	-13,31	-20,54	-31,10
Quetzaltenango	2,68	3,92	3,17	7,31	13,84	17,42	-2,65	0,60	3,17	11,90	17,61
Retalhuleu	2,25	-4,93	-8,04	-9,90	-13,45	-16,65	-13,28	-12,21	-20,91	-29,09	-40,32
Sacatepéquez	2,05	1,85	-0,10	1,37	3,32	4,00	-3,86	-2,83	-3,42	-2,34	-3,71
San Marcos	1,97	1,12	-0,20	1,53	3,15	3,30	-3,71	-2,08	-2,59	-1,37	-3,56
Santa Rosa	2,30	-3,26	-5,78	-7,65	-11,16	-14,77	-6,47	-6,13	-13,25	-21,16	-32,36
Sololá	1,97	2,49	1,27	3,10	6,66	8,08	-2,24	-0,41	-0,31	2,95	3,61
Suchitepéquez	1,88	-8,10	-11,99	-13,37	-19,18	-24,77	-19,07	-18,22	-29,78	-41,50	-57,06
Totonicapán	1,91	5,77	5,50	9,49	16,46	19,39	1,99	4,87	9,22	18,03	23,38
Zacapa	1,08	-4,17	-8,89	-11,48	-17,13	-23,80	-9,91	-11,48	-21,02	-31,94	-47,87

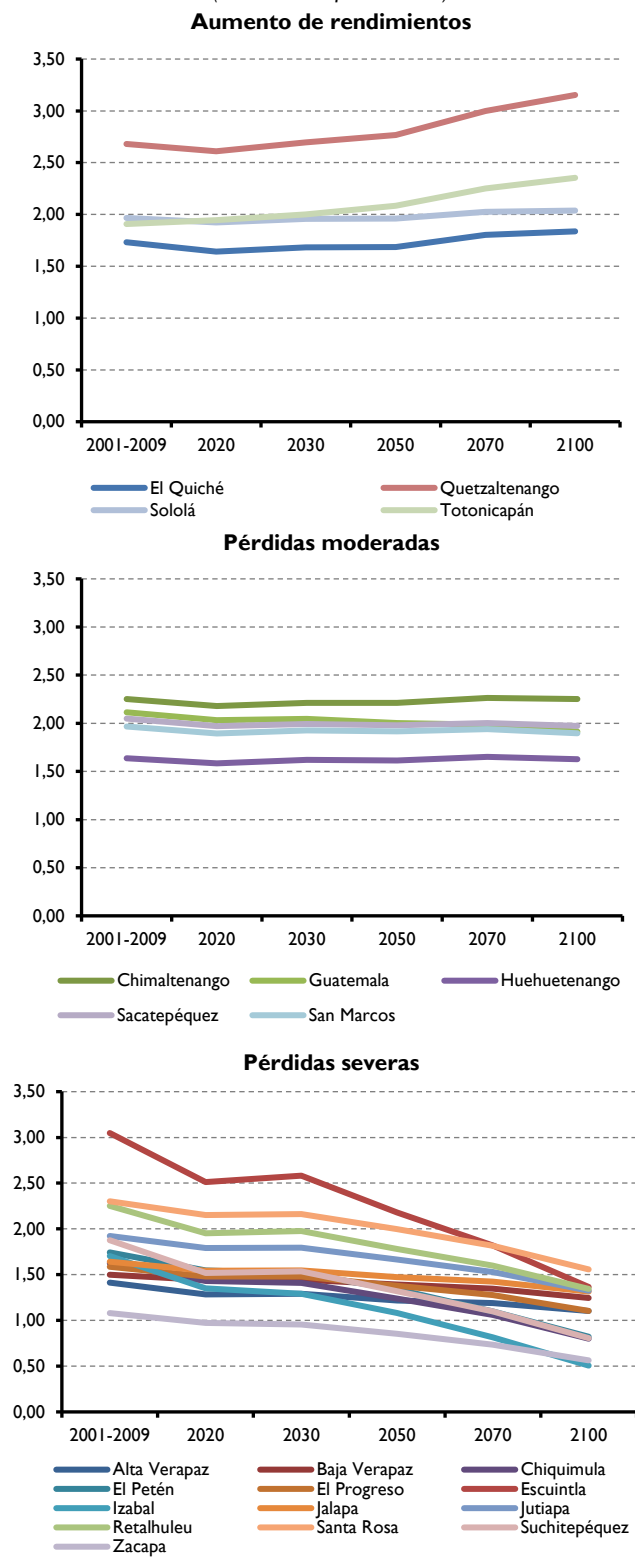
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

GRÁFICO IV.5
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO,
PROMEDIO ANUAL 2001-2009, ESCENARIO B2 CON CORTES A 2100
(En toneladas por hectárea)



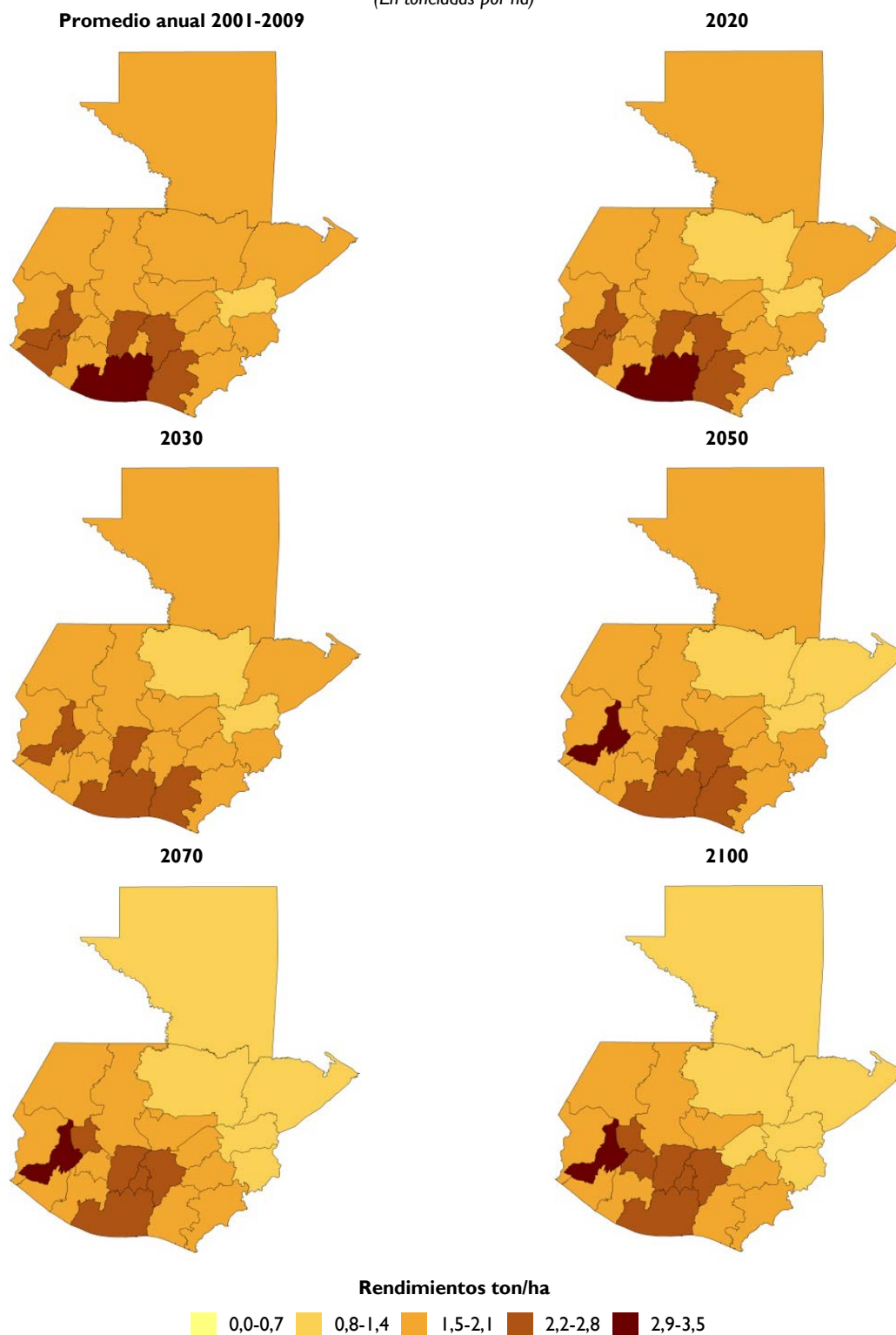
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

GRÁFICO IV.6
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL RENDIMIENTO DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO,
PROMEDIO ANUAL 2001-2009, ESCENARIO A2 CON CORTES A 2100
(En toneladas por hectárea)

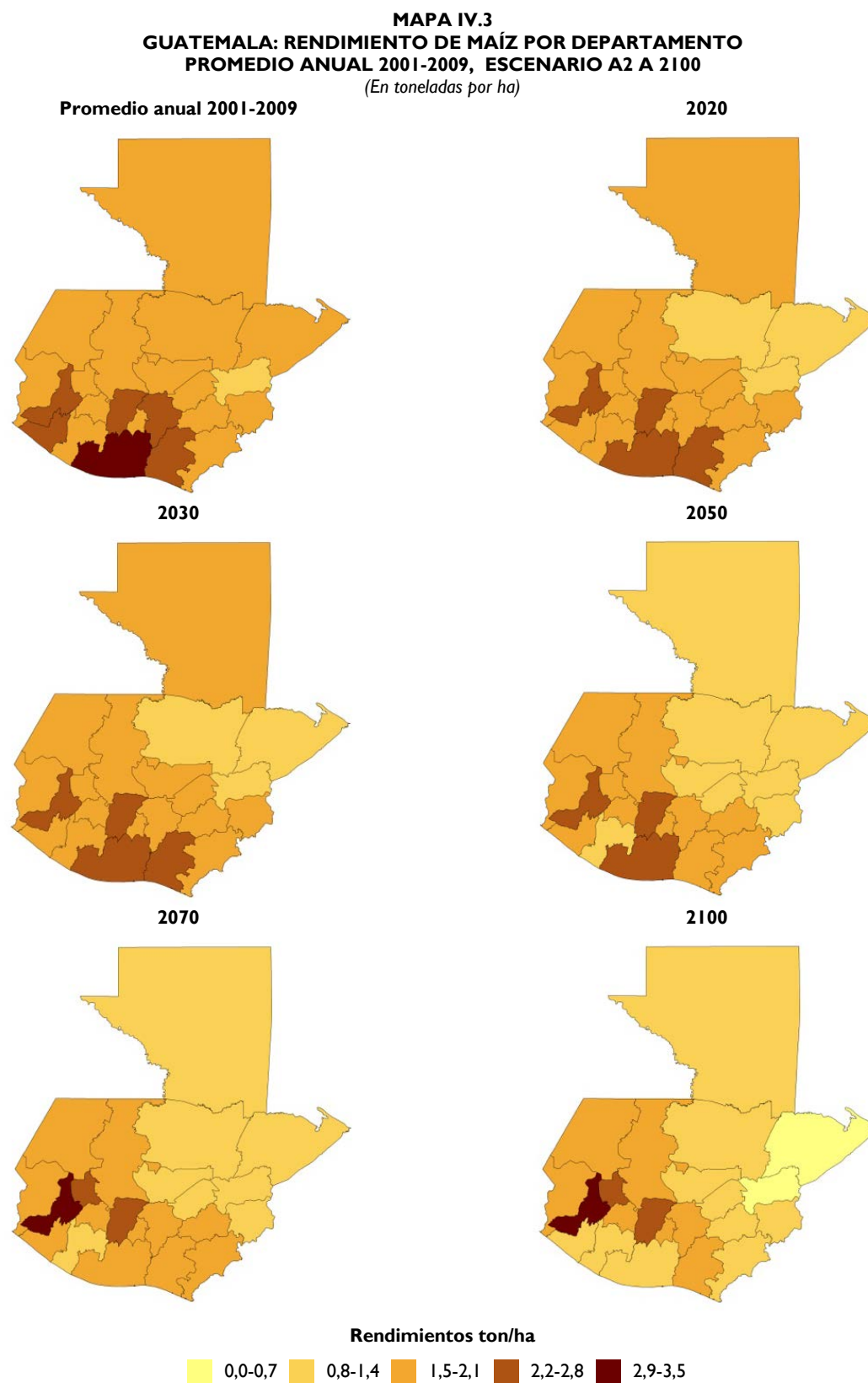


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

MAPA IV.2
GUATEMALA: RENDIMIENTO DE MAÍZ POR DEPARTAMENTO,
PROMEDIO ANUAL 2001-2009, ESCENARIO B2 A 2100
(En toneladas por ha)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013^a



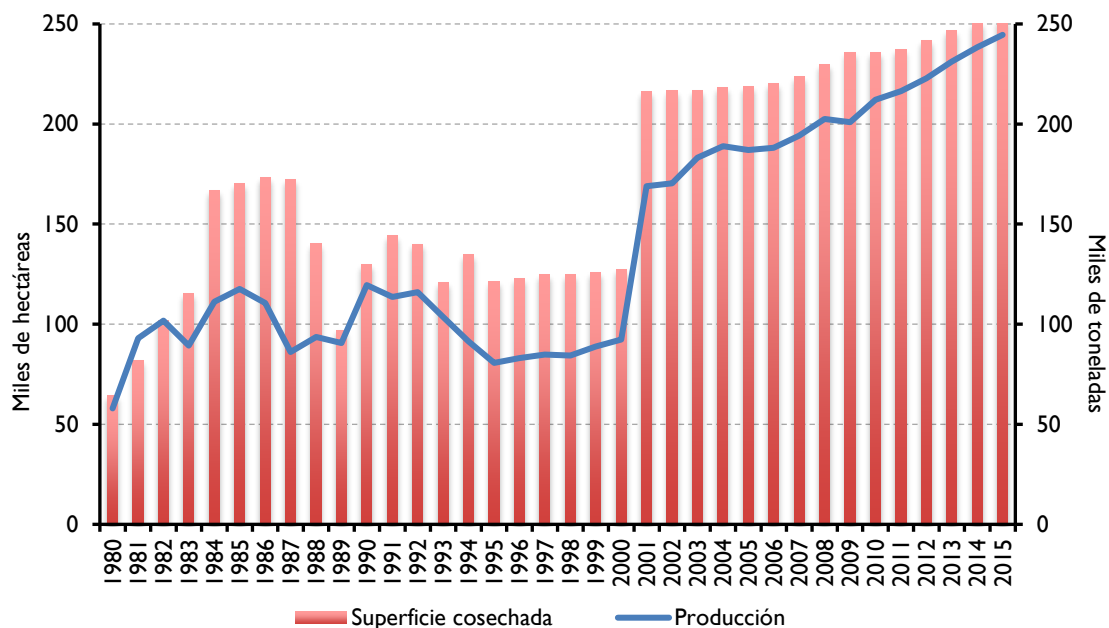
Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

C. FRIJOL

El frijol es originario de América y se difundió desde México y Guatemala (Miranda, 1978; Lépiz, 1983; Sauza y Delgado, 1979). Los sistemas de producción de frijol más comunes en Centroamérica son el sistema manual, utilizado por pequeños productores en terrenos con pendiente; el sistema semimecanizado, utilizado por productores de autoconsumo y de mercado; el sistema mecanizado, practicado en parcelas con más de 3,5 ha; y el sistema de tapado, que consiste en apartar la maleza, hacer la siembra manual y cubrirla con la misma maleza, practicado en el litoral Atlántico. En Centroamérica el frijol se siembra en tres temporadas: primera, postrera y apante. La primera se ejecuta entre mayo y junio en áreas pequeñas por el riesgo de cosechar en época de lluvia. La postrera se siembra en agosto en extensiones grandes por ser época propicia a mayor producción y mayor calidad. El apante es la siembra de diciembre y se practica en el norte de Guatemala (Red SICTA, IICA y COSUDE, 2009).

Guatemala es el principal productor de frijol en Centroamérica. Su nivel de producción del período 1980-2015 fue creciente, aunque a ritmos irregulares. El volumen mínimo de producción se registró en 1980 con 57.930 t y el volumen máximo fue en 2015 con 244.559 t, un incremento del 322% y una tasa de crecimiento anual del 4,2%. En la década de 1990, la producción de frijol en Guatemala tuvo una tasa de crecimiento del 0,5%, es decir, se mantuvo relativamente constante. En 2001 se registró un incremento del 81% con respecto a 2000. A partir de ese año el volumen de producción se ha mantenido debido a mayor superficie cultivada y a un ligero aumento del rendimiento. En 2015 la superficie cultivada fue de 252.210 ha (véase el gráfico IV.7). Durante el período 1980-2015, la superficie cosechada tuvo una tasa de crecimiento promedio del 3,9%, y un crecimiento del 290%.

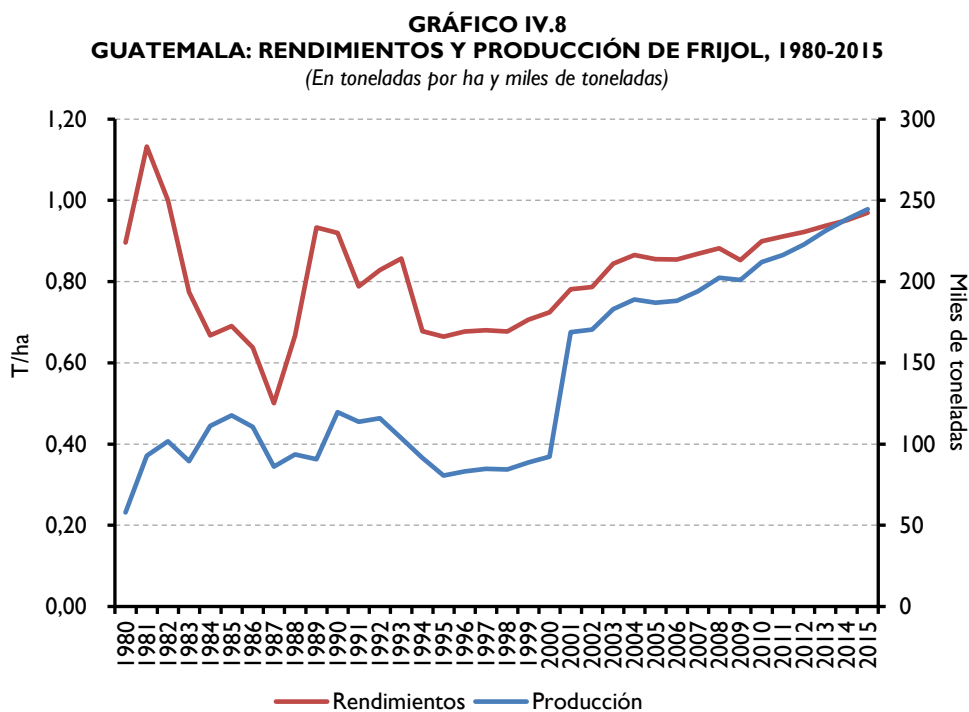
GRÁFICO IV.7
GUATEMALA: SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE FRIJOL, 1980-2015
(En miles de ha y miles de toneladas)



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

El rendimiento del frijol presenta un comportamiento variado, igual que el volumen de producción, como se ilustra en el gráfico IV.8. El rendimiento promedio del período 1980-2015 fue de 0,84 t/ha. El mayor rendimiento se alcanzó en 1981 con 1,13 t/ha, disminuyó en la primera parte de la década de 1980, se recuperó a partir de 1987, volvió a bajar en 1994, para crecer después en forma sostenida hasta alcanzar 0,97 t/ha al final del período por arriba del promedio mundial y de Centroamérica.

El frijol se produce en todos los departamentos del país en distintas magnitudes (véase el cuadro IV.3) y es uno de los productos de mayor consumo y que más energía aporta a la dieta de la población. El mayor productor es Jutiapa con 28.139 t (como promedio del período 2001-2009), equivalente a una participación nacional del 20,35%; le sigue El Petén con 15.486 t, equivalentes al 11,2%. Los departamentos con participación menor al 1% son Escuintla, Izabal, Suchitepéquez, Totonicapán y Retalhuleu; este último departamento tuvo un promedio anual de 26 t en el período 2000-2009. La distribución de la producción se muestra en el mapa IV.4, donde los mayores productores de frijol son los departamentos que van desde Huehuetenango hasta Jutiapa, formando una línea de departamentos con producción promedio anual por arriba de 6.000 t, además de El Petén.



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2016.

El rendimiento nacional de frijol fue de 0,69 t/ha promediando el rendimiento de los departamentos entre 2001-2009, con una desviación estándar de 0,25 t/ha. Algunos departamentos superaron los rendimientos superiores a la tonelada como Chiquimula, El Petén, Suchitepéquez y Zacapa. Este último alcanzó 1,12 t/ha en el período analizado (véase el cuadro IV.4), mientras que departamentos como Retalhuleu y El Quiché no superan las 0,3 t/ha, lo que indica una producción de autoconsumo.

Los pronósticos de los rendimientos del frijol en los escenarios B2 y A2 son heterogéneos, con incrementos y reducciones. En B2 a 2030 habría 13 departamentos con incrementos en los rendimientos. Destacan Totonicapán y Quetzaltenango con posibles incrementos mayores de 125%, lo que nos indica que el potencial de rendimientos sería mayor que en las condiciones climáticas

actuales. A final del siglo los departamentos con aumento en rendimientos serían 12 y con reducciones, diez. Los departamentos que tendrían disminuciones mayores al 30% serían Izabal, Suchitepéquez y El Petén (véanse el cuadro IV.4 y los gráficos IV.9 y IV.10).

CUADRO IV.3
GUATEMALA: PRODUCCIÓN DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009
(En toneladas)

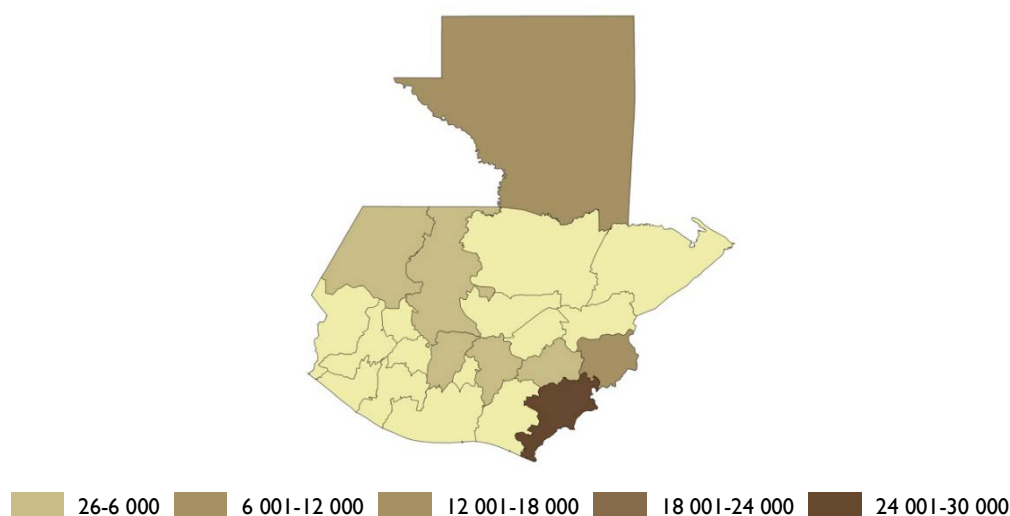
Departamento	Producción 2001-2009	Participación (en porcentajes)
Alta Verapaz	4 920	3,56
Baja Verapaz	3 684	2,66
Chimaltenango	6 466	4,68
Chiquimula	14 112	10,21
El Petén	15 486	11,20
El Progreso	3 381	2,45
El Quiché	9 189	6,65
Escuintla	271	0,20
Guatemala	9 828	7,11
Huehuetenango	10 685	7,73
Izabal	569	0,41
Jalapa	11 949	8,64
Jutiapa	28 139	20,35
Quetzaltenango	1 669	1,21
Retalhuleu	26	0,02
Sacatepéquez	1 410	1,02
San Marcos	5 465	3,95
Santa Rosa	4 389	3,17
Sololá	2 766	2,00
Suchitepéquez	1 123	0,81
Totonicapán	1 214	0,88
Zacapa	1 520	1,10
TOTAL	138 261	100,00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

En el escenario A2 a 2030 habría nueve departamentos con aumento en rendimientos y 13 con reducciones; los más afectados serían Izabal y Suchitepéquez. En 2100 serían diez departamentos con incrementos en los rendimientos y 12 con reducciones. Los departamentos con mayores aumentos esperados serían Totonicapán, Quetzaltenango y el Quiché. Las reducciones superiores al 50% resultan ser las de Suchitepéquez, Izabal Escuintla y El Petén (véase el cuadro IV.4 y los gráficos IV.9 y IV.10).

La representación geográfica de estos resultados se presenta en los mapas IV.5 y IV.6, donde se observa que en el escenario B2 los aumentos se concentran en el altiplano occidental en cada corte; en A2 también se observan los aumentos en el altiplano, pero las reducciones se van observando en los primeros cortes en el Pacífico y hacia finales del siglo se observarían en la región Atlántico.

MAPA IV.4
GUATEMALA: PRODUCCIÓN DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009
 (En toneladas)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

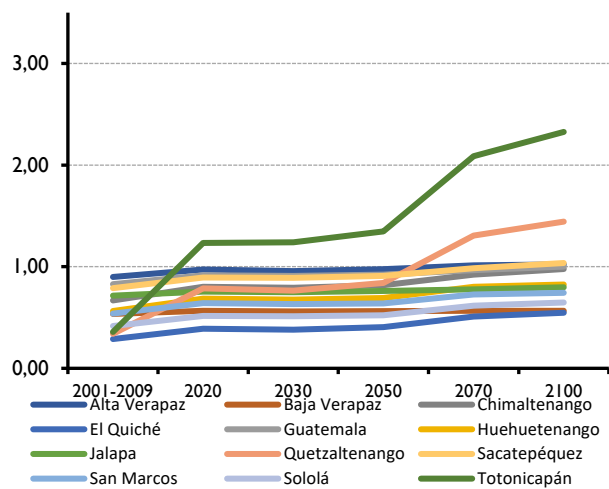
CUADRO IV.4
GUATEMALA: RENDIMIENTOS DE FRIJOL POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009,
ESCENARIOS B2 Y A2 CON CORTES A 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
 (En t/ha para 2001-2009 y porcentaje para escenarios B2 y A2)

Departamento	2001-2009	B2					A2				
		2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Alta Verapaz	0,90	8,12	6,45	8,57	12,79	13,79	-4,34	-3,67	-1,89	3,11	1,11
Baja Verapaz	0,54	5,79	4,86	5,23	5,61	5,79	-0,19	-0,93	-0,19	0,19	-6,36
Chimaltenango	0,67	19,91	18,71	22,60	37,87	46,26	4,34	8,08	19,01	37,13	48,80
Chiquimula	1,01	-2,57	-4,75	-5,44	-11,47	-15,23	-9,79	-11,97	-17,21	-25,52	-38,67
El Petén	1,02	-5,47	-7,71	-11,04	-23,24	-30,76	-5,57	-11,52	-19,24	-33,89	-52,25
El Progreso	0,86	2,10	1,05	1,16	-0,93	-1,75	-3,61	-4,77	-6,05	-9,55	-18,04
El Quiché	0,29	35,07	31,94	40,28	76,39	89,93	-4,17	6,60	29,17	71,53	100,00
Escuintla	0,68	-7,84	-11,09	-13,61	-24,56	-27,51	-20,41	-19,67	-35,36	-52,22	-73,96
Guatemala	0,83	10,63	9,78	11,23	16,55	20,89	-0,24	0,48	4,71	10,87	11,23
Huehuetenango	0,56	21,63	19,68	22,52	42,55	46,28	0,00	8,51	18,79	40,43	50,18
Izabal	0,60	-9,05	-15,24	-17,76	-32,50	-44,39	-21,94	-27,47	-38,02	-56,45	-78,22
Jalapa	0,72	5,45	4,76	6,43	8,67	11,47	-4,90	-5,03	-3,22	-0,70	-3,36
Jutiapa	0,89	-2,80	-4,03	-5,26	-10,75	-13,10	-7,50	-8,62	-14,78	-23,74	-37,40
Quetzaltenango	0,34	131,47	125,00	147,35	284,41	324,71	36,76	76,18	157,06	308,82	445,88
Retalhuleu	0,28	-3,52	-6,34	-8,10	-14,08	-15,14	-11,97	-13,03	-21,48	-30,99	-45,77
Sacatepéquez	0,79	13,43	12,67	15,46	24,84	31,31	1,65	3,93	10,90	22,31	28,90
San Marcos	0,54	18,92	17,25	18,18	34,69	37,85	3,90	8,53	17,07	32,47	41,19
Santa Rosa	0,83	-3,76	-4,85	-6,91	-13,82	-17,21	-5,58	-7,27	-15,27	-26,42	-43,03
Sololá	0,42	23,56	23,32	25,48	47,84	55,77	6,97	13,22	26,20	49,76	67,79
Suchitepéquez	1,08	-10,80	-14,68	-16,44	-29,27	-32,59	-23,08	-25,95	-39,80	-57,53	-81,99
Totonicapán	0,36	244,97	246,37	276,82	482,96	549,72	131,84	193,58	338,55	573,74	768,16
Zacapa	1,12	-4,22	-6,82	-8,07	-16,77	-22,51	-9,15	-12,38	-18,65	-30,04	-46,28

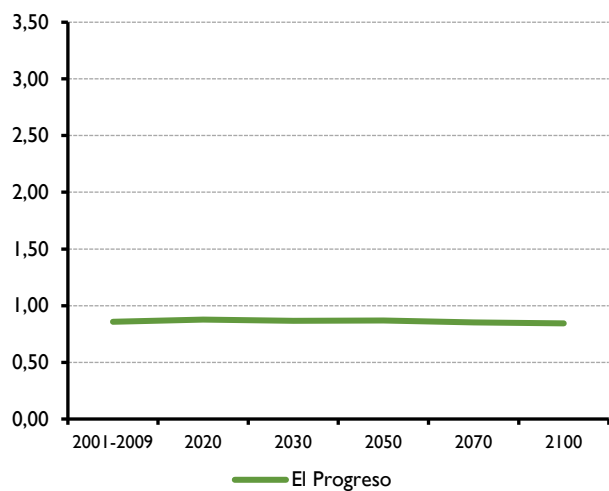
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

GRÁFICO IV.9
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE FRIJOL EN ESCENARIO B2,
PROMEDIO 2001-2009, CON CORTES A 2100
(En toneladas por ha)

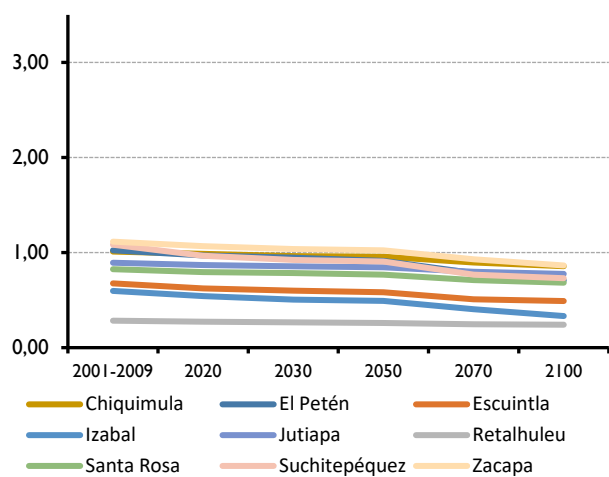
Aumento en los rendimientos



Pérdidas moderadas

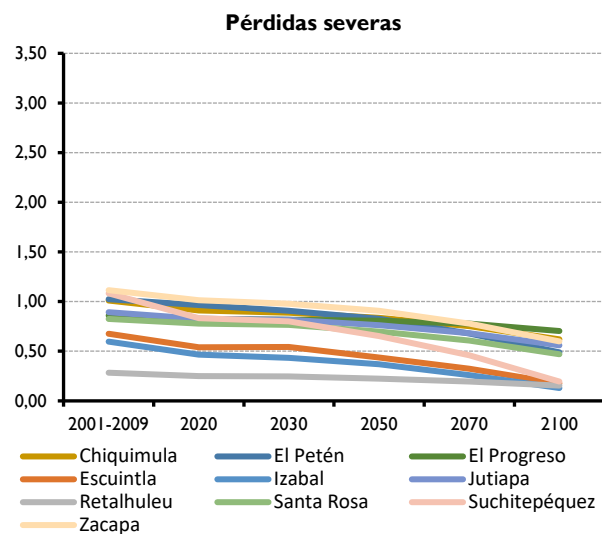
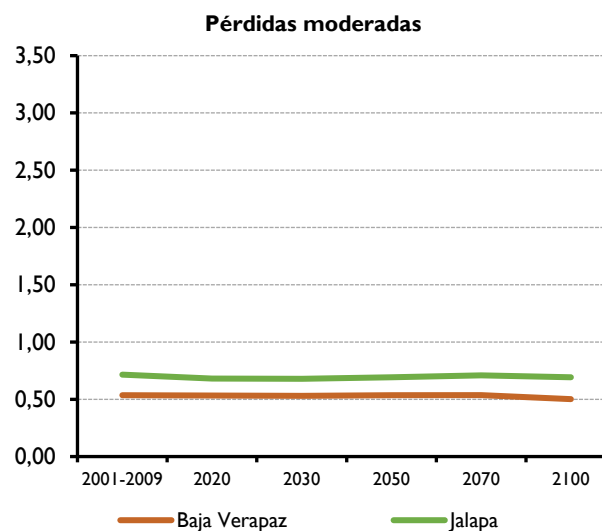
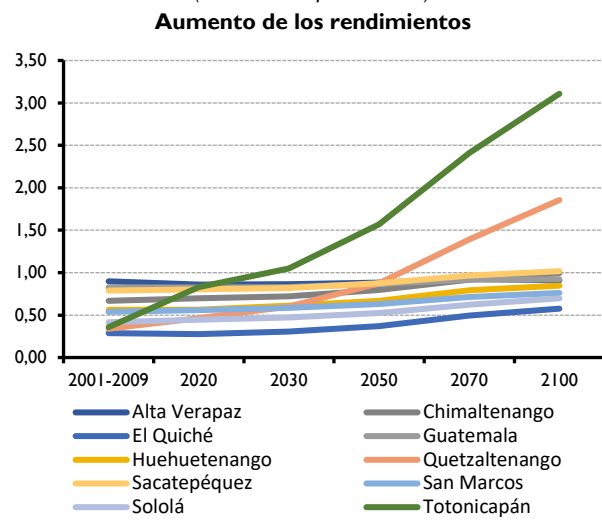


Pérdidas severas

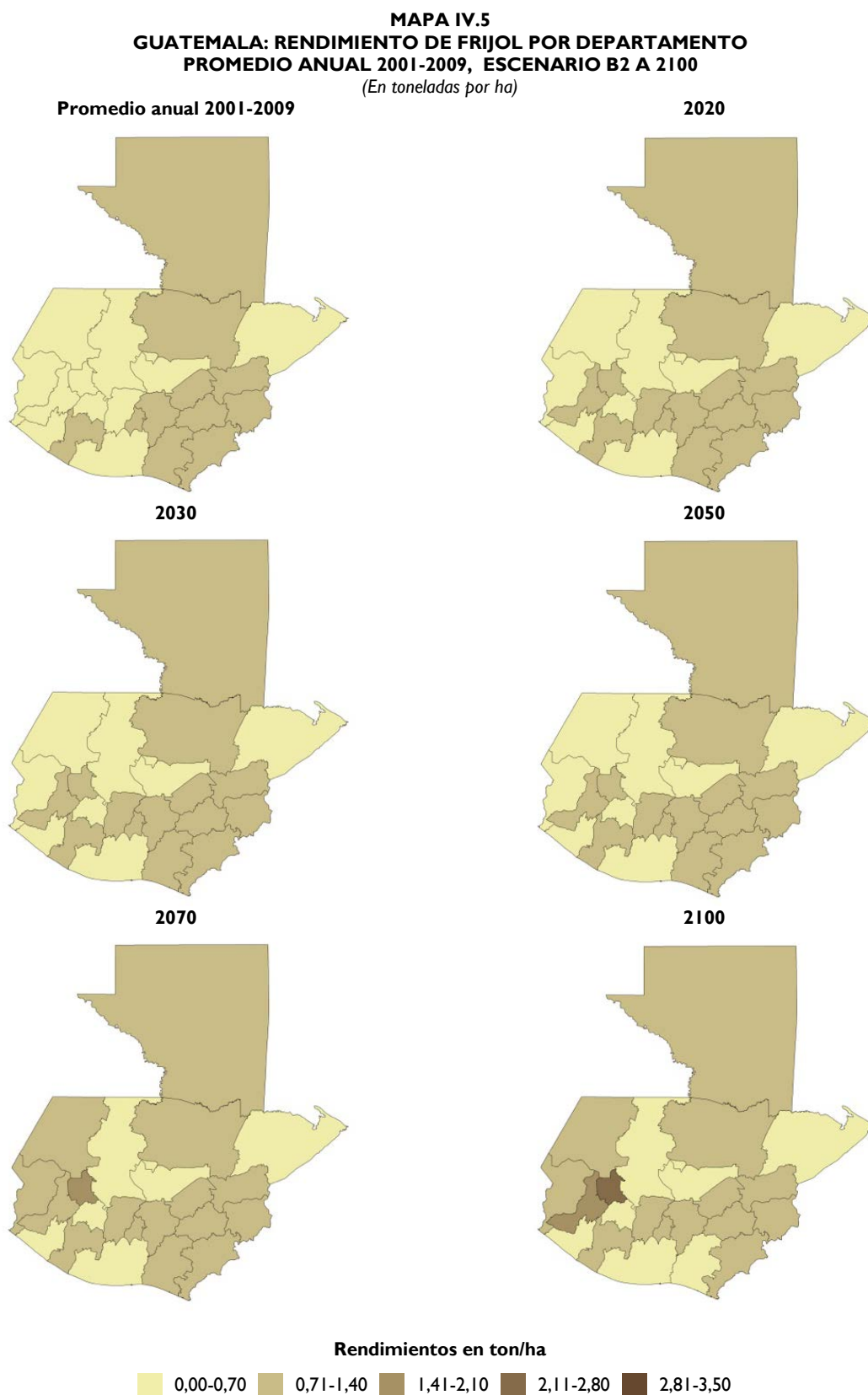


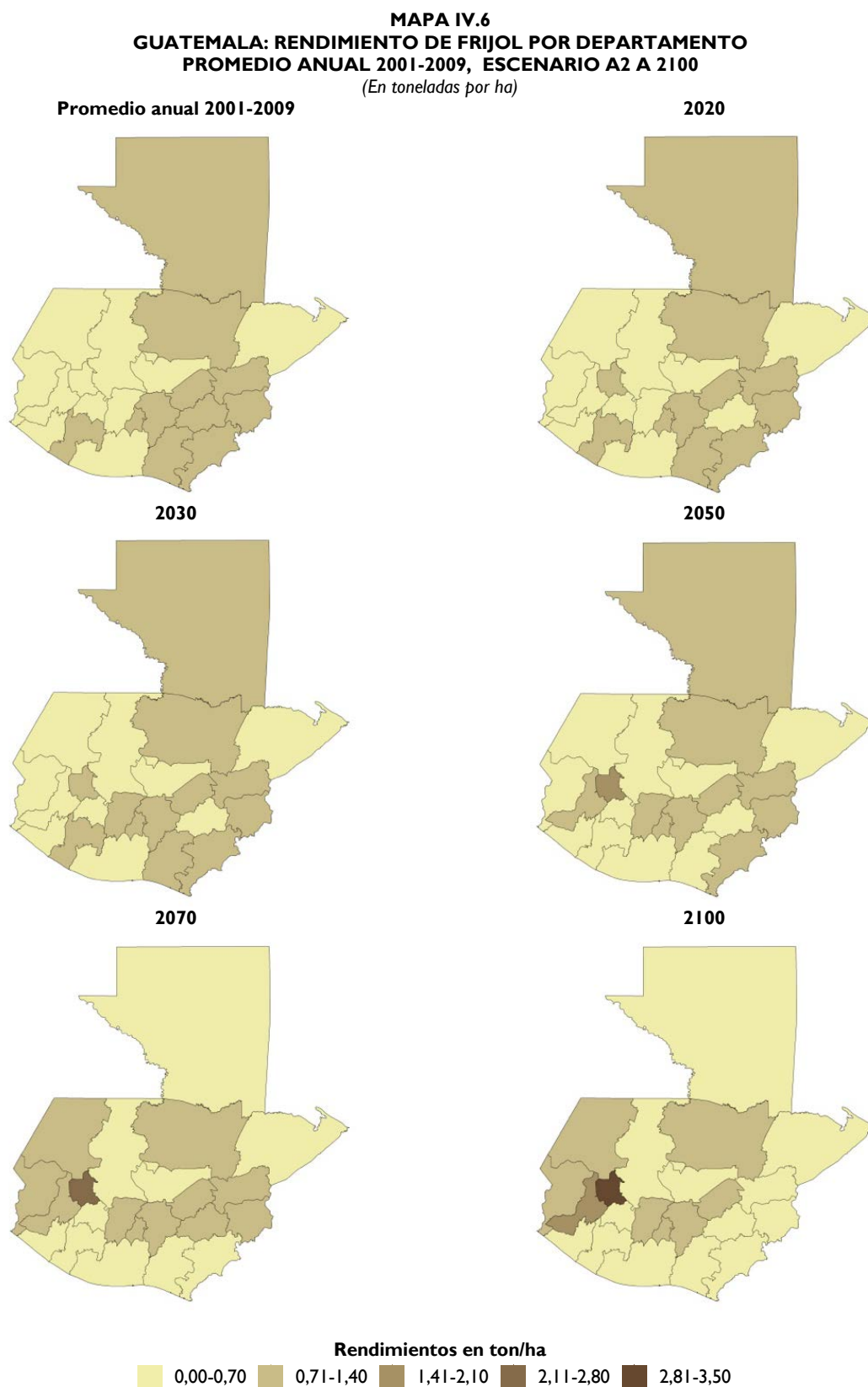
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

GRÁFICO IV.10
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE FRIJOL EN ESCENARIO A2,
PROMEDIO 2001-2009, CON CORTES A 2100
(En toneladas por hectárea)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.



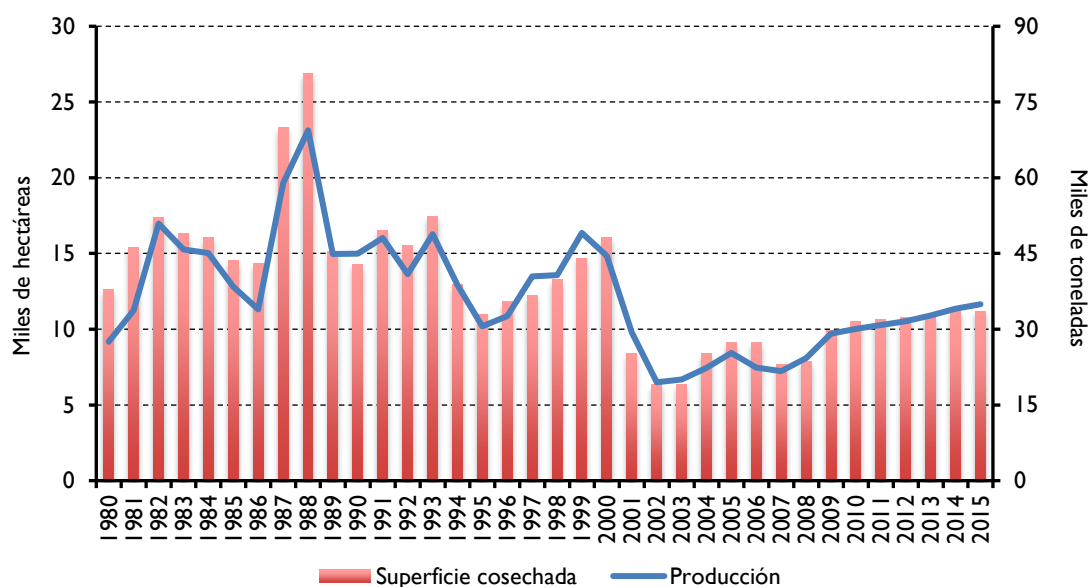


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

D. ARROZ

El arroz, como el frijol y el maíz, es un grano básico en el consumo de Guatemala, pero con participación mucho menor en la producción agrícola; en 2015 solo fueron sembradas 11.200 ha. La primera siembra es entre mayo y junio; la siembra de postrema es en noviembre. La producción de arroz ha disminuido tanto en volumen como en superficie, con una reducción notable en 2000, como se presenta en el gráfico IV.11. En 1980 se sembraron 12.600 ha que produjeron 27.520 t. La mayor extensión sembrada fue de 26.880 ha en 1988. En 1989 la producción y la superficie cosechada caen y se mantienen relativamente estables hasta 2000. Cada una de las caídas de la superficie viene acompañada por períodos de recuperación. En 2015 la producción fue de 34.965 t en 11.200 ha de superficie cosechada.

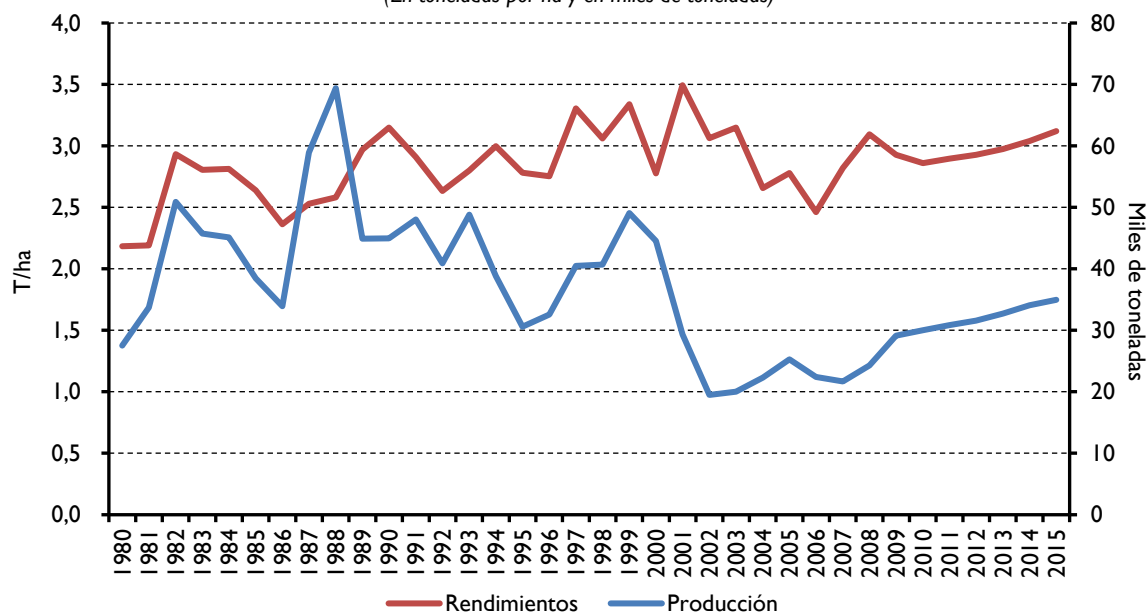
GRÁFICO IV.11
GUATEMALA: SUPERFICIE Y PRODUCCIÓN DE ARROZ, 1980-2015
(En miles de hectáreas y en miles de toneladas)



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

El rendimiento y la producción de arroz en el período 1980-2015 se muestran en el gráfico IV.12. El rendimiento ha sido más estable que la producción, que tuvo una tendencia a la baja con un repunte desde 2007. El rendimiento promedio fue de 2,9 t/ha, inferior al promedio de Centroamérica, que está por arriba de 4 t/ha. Guatemala registró un máximo de 3,5 t/ha en 2001 y un mínimo de 2,2 t/ha en 1980. La tasa de crecimiento anual de la producción fue del 0,7% en el período 1980-2015, y alcanzó su valor máximo en 1988 con 69.396 t.

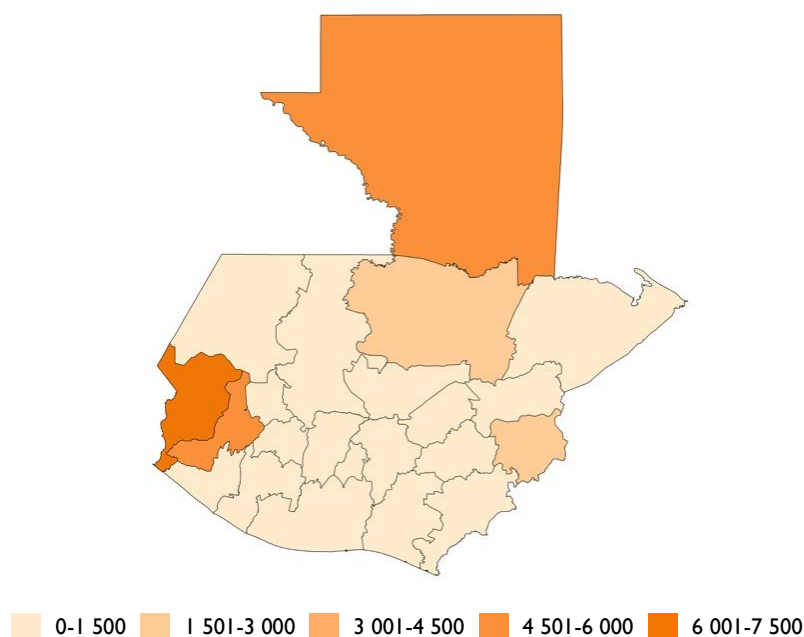
GRÁFICO IV.12
GUATEMALA: RENDIMIENTOS Y PRODUCCIÓN DE ARROZ, 1980-2015
 (En toneladas por ha y en miles de toneladas)



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

La producción de arroz promedio anual de Guatemala en el período 2001-2009 fue de 24.857 t (véase el cuadro IV.5). Los departamentos con mayor producción fueron San Marcos con 6.332 t (25,5%), Quetzaltenango con 5.189 t (20,9%) y El Petén con 4.608 t (18,5%). Hay ocho departamentos que produjeron menos de diez toneladas al año. La producción se concentra en el norte y el occidente del país (véase el mapa IV.7).

MAPA IV.7
GUATEMALA: PRODUCCIÓN DE ARROZ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009
 (En toneladas)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

CUADRO IV.5
GUATEMALA: PRODUCCIÓN DE ARROZ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009
(En toneladas)

Departamento	Producción 2001-2009	Participación (en porcentajes)
Alta Verapaz	2 762	11,11
Baja Verapaz	2	0,01
Chimaltenango	0	0,00
Chiquimula	2 446	9,84
El Petén	4 608	18,54
El Progreso	15	0,06
El Quiché	865	3,48
Escuintla	46	0,19
Guatemala	0	0,00
Huehuetenango	4	0,02
Izabal	771	3,10
Jalapa	2	0,01
Jutiapa	1 329	5,35
Quetzaltenango	5 189	20,88
Retalhuleu	56	0,23
Sacatepéquez	0	0,00
San Marcos	6 332	25,47
Santa Rosa	13	0,05
Sololá	0	0,00
Suchitepéquez	406	1,63
Totonicapán	0	0,00
Zacapa	10	0,04
TOTAL	24 857	100,00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

El rendimiento promedio del arroz en todos los departamentos en el período 2001-2009 fue de 2,46 t/ha. Los departamentos con mayores rendimientos fueron Quetzaltenango (4,3 t/ha) y San Marcos (3,6 t/ha). Los departamentos de Santa Rosa, Jalapa, Zacapa y Huehuetenango tuvieron rendimientos menores a 1,6 t/ha. En el cuadro IV.6 se presenta el rendimiento de arroz por departamentos, promedios anuales, 2001-2009, y los potenciales cambios porcentuales en los escenarios B2 y A2 en sus respectivos cortes de tiempo. A diferencia de las proyecciones de rendimientos al alza del maíz y el frijol, las del arroz disminuyen en casi todos los departamentos desde el primer corte hasta 2100.

En el escenario B2, a 2030 solo Quetzaltenango no tendría reducciones en rendimientos del arroz, pero habría más del 10% de pérdida en Chiquimula, El Petén, Escuintla, Izabal, Santa Rosa, Suchitepéquez y Zacapa, principalmente en las regiones del Pacífico y Atlántico. Los departamentos que podrían tener reducciones mayores al 30% en 2100 son El Petén, Izabal y Suchitepéquez (véanse el cuadro IV.6 y los mapas IV.8 y IV.9).

En el escenario A2 las reducciones serían aún mayores. Para 2030 todos los departamentos tendrían pérdidas hasta de más del 20% en Izabal y Suchitepéquez. A 2100, las pérdidas podrían llegar a más del 60% en Chiquimula, El Petén, Escuintla, Izabal y Suchitepéquez. El 60% de los departamentos podría tener reducciones mayores al 30%. Los departamentos que tendrán mayores reducciones de producción en A2 serán los del Pacífico y Atlántico (véanse el cuadro IV.6 y los mapas IV.8 y IV.9).

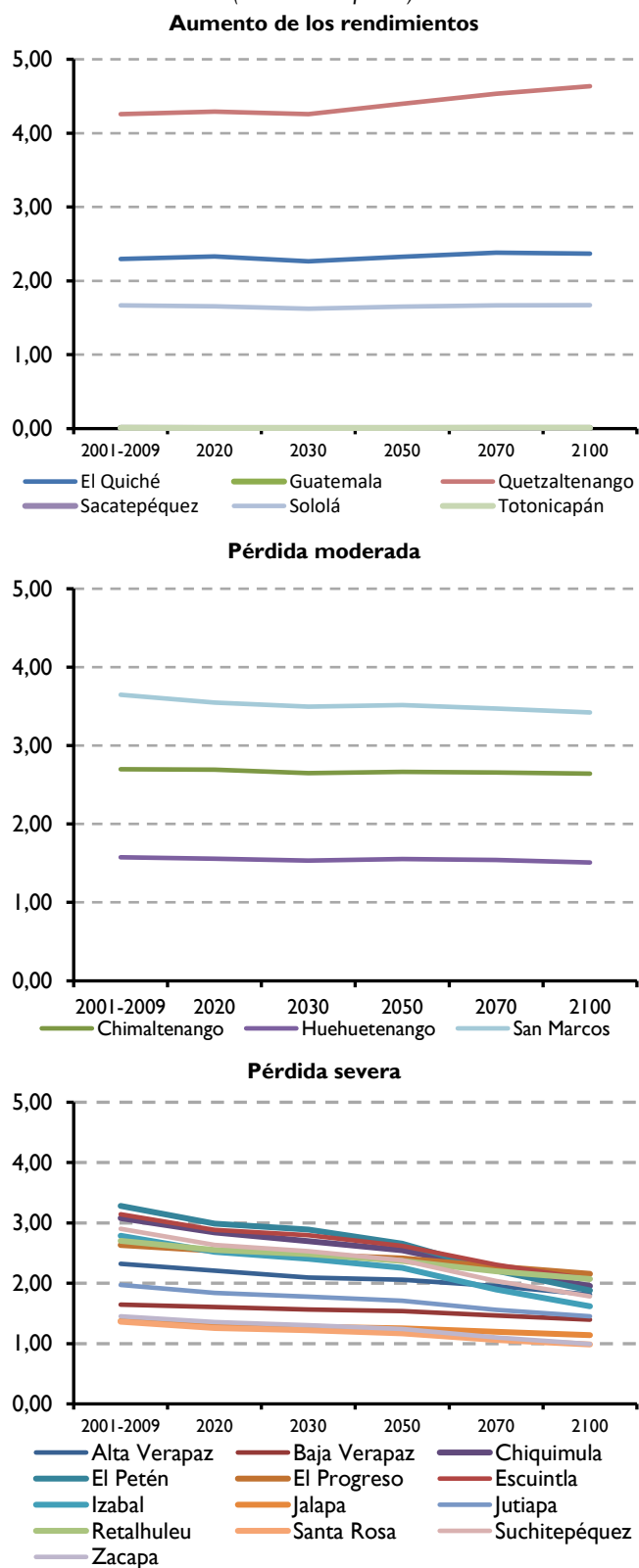
Clasificando los departamentos por nivel de pérdidas o ganancias, en el escenario B2 se identifican 13 departamentos con pérdidas severas, tres con ganancias y tres con pérdidas moderadas. En A2 hay 20 departamentos con pérdidas severas y uno con ganancias (véanse los gráficos IV.13 y IV.14).

CUADRO IV.6
GUATEMALA: RENDIMIENTO DE ARROZ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009,
ESCENARIOS B2 Y A2 CON CORTES A 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
(En t/ha para 2001-2009 y porcentaje para escenarios B2 y A2)

Departamento	2001-2009	B2					A2				
		2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Alta Verapaz	2,32	-4,87	-9,69	-11,33	-15,85	-21,92	-11,02	-13,05	-23,26	-31,83	-45,00
Baja Verapaz	1,65	-2,31	-4,98	-6,57	-10,94	-15,14	-4,80	-6,02	-13,07	-20,43	-32,34
Chimaltenango	2,70	-0,19	-1,89	-1,22	-1,52	-2,11	-4,22	-3,41	-6,30	-7,89	-12,00
Chiquimula	3,08	-7,66	-12,41	-17,25	-27,87	-36,51	-12,60	-16,11	-30,79	-46,67	-68,63
El Petén	3,28	-8,99	-11,94	-19,01	-32,66	-42,69	-10,94	-16,85	-27,76	-46,95	-66,09
El Progreso	2,63	-3,42	-6,23	-8,39	-13,59	-18,15	-5,88	-7,33	-15,11	-23,69	-36,33
El Quiché	2,30	1,57	-1,35	1,31	3,75	3,18	-7,67	-5,44	-10,41	-8,93	-12,46
Escuintla	3,14	-8,21	-10,98	-16,64	-26,63	-34,20	-16,51	-16,10	-33,06	-50,14	-70,66
Guatemala	0,01	0,00	0,00	0,00	-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	-20,00
Huehuetenango	1,58	-1,21	-2,73	-1,46	-2,09	-4,25	-5,39	-3,55	-7,74	-9,90	-16,69
Izabal	2,79	-9,54	-13,60	-19,02	-32,01	-41,94	-14,82	-20,88	-32,69	-49,48	-68,46
Jalapa	1,37	-3,13	-6,70	-8,67	-12,82	-16,97	-8,38	-9,25	-18,21	-26,00	-38,16
Jutiapa	1,97	-6,74	-9,94	-13,44	-20,89	-26,37	-10,24	-11,36	-22,82	-35,34	-52,03
Quetzaltenango	4,26	0,80	0,00	3,34	6,46	8,88	-4,98	-1,74	-2,23	2,14	3,55
Retalhuleu	2,70	-5,51	-8,07	-12,28	-18,65	-23,38	-11,65	-12,32	-22,90	-34,55	-48,65
Sacatepéquez	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-10,00	-10,00	-10,00	-10,00	-20,00
San Marcos	3,65	-2,77	-4,17	-3,56	-4,82	-6,20	-6,44	-5,37	-8,99	-11,90	-18,45
Santa Rosa	1,36	-7,56	-10,13	-14,24	-22,03	-27,68	-9,54	-10,57	-22,54	-35,83	-53,08
Sololá	1,67	-0,66	-2,64	-1,02	0,12	0,24	-5,76	-3,48	-7,74	-8,46	-12,72
Suchitepéquez	2,90	-9,17	-12,78	-17,99	-29,77	-38,59	-19,68	-21,88	-36,22	-55,13	-78,67
Totonicapán	0,01	0,00	0,00	10,00	10,00	10,00	0,00	0,00	0,00	10,00	10,00
Zacapa	1,45	-6,40	-10,19	-14,39	-24,04	-31,61	-8,88	-12,53	-23,97	-37,88	-57,16

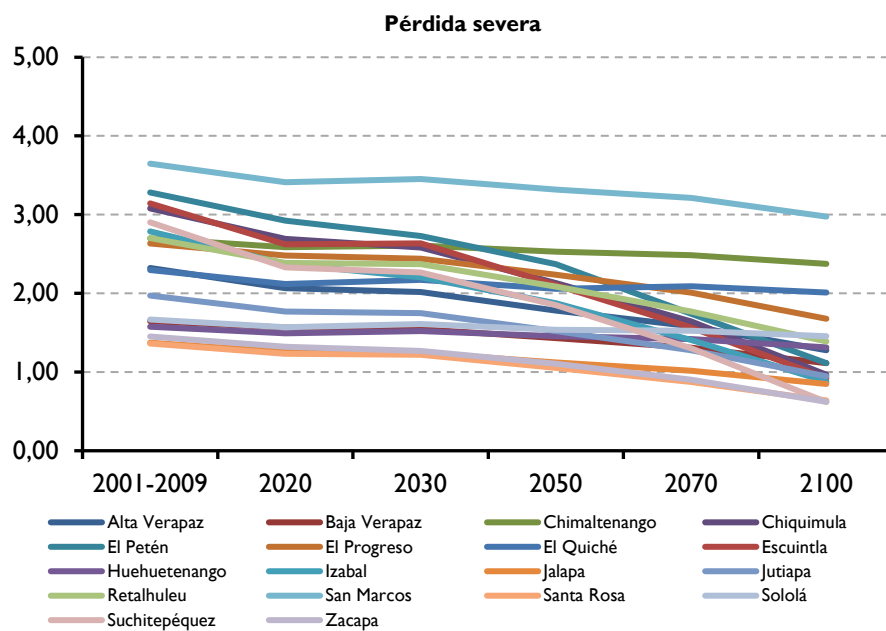
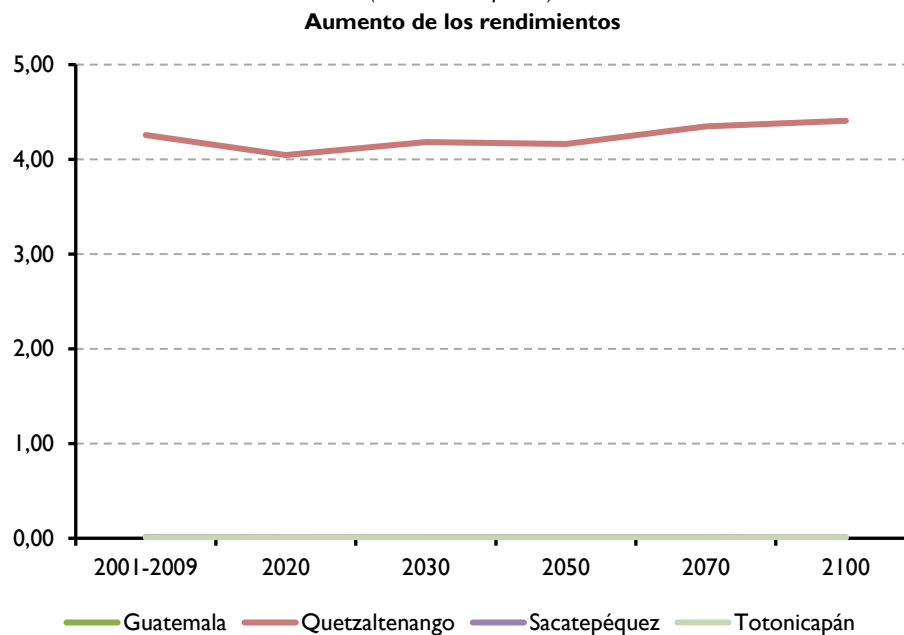
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

GRÁFICO IV.13
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE ARROZ EN ESCENARIO B2,
PROMEDIO 2001-2009, CON CORTES A 2100
(En toneladas por ha)

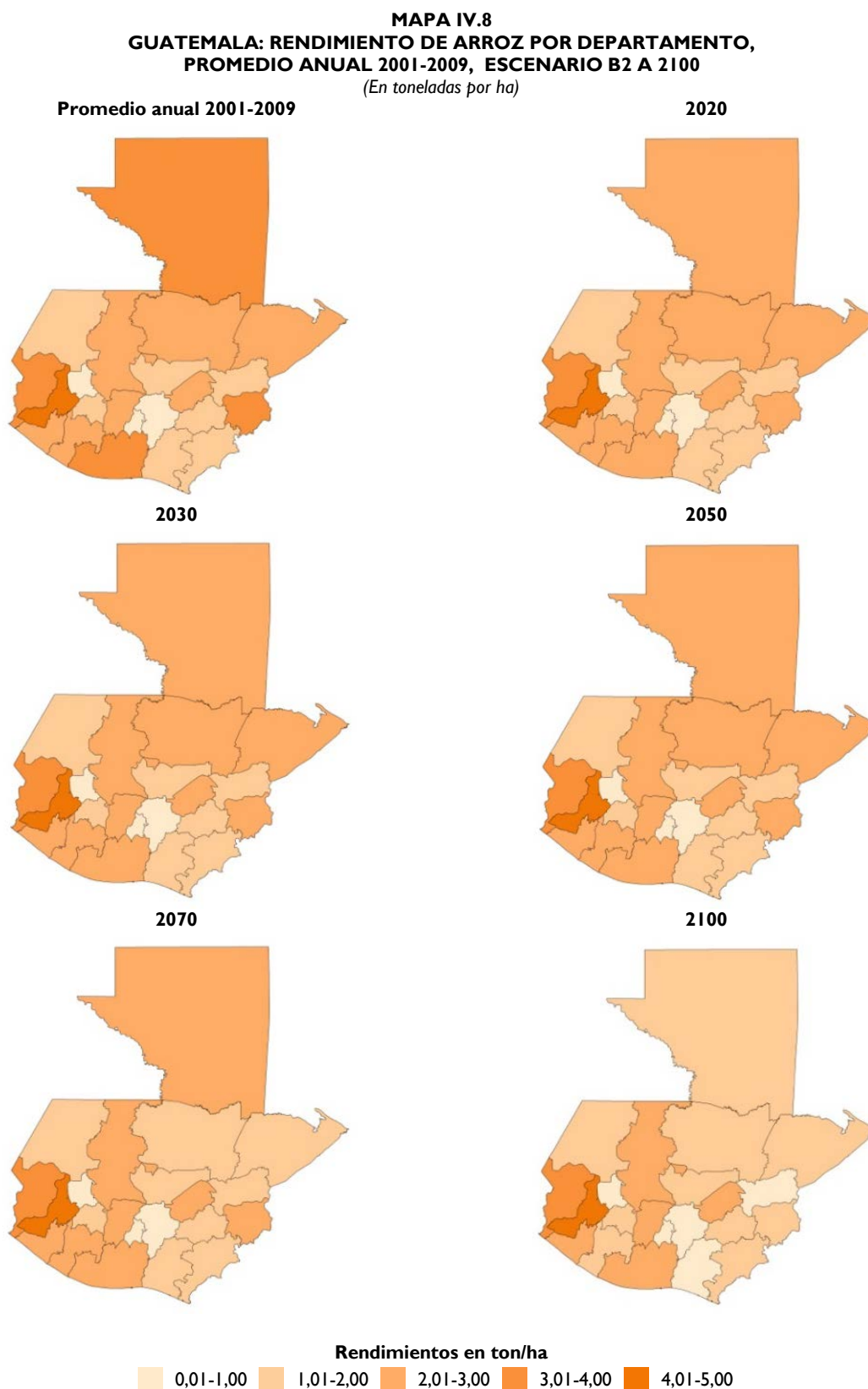


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

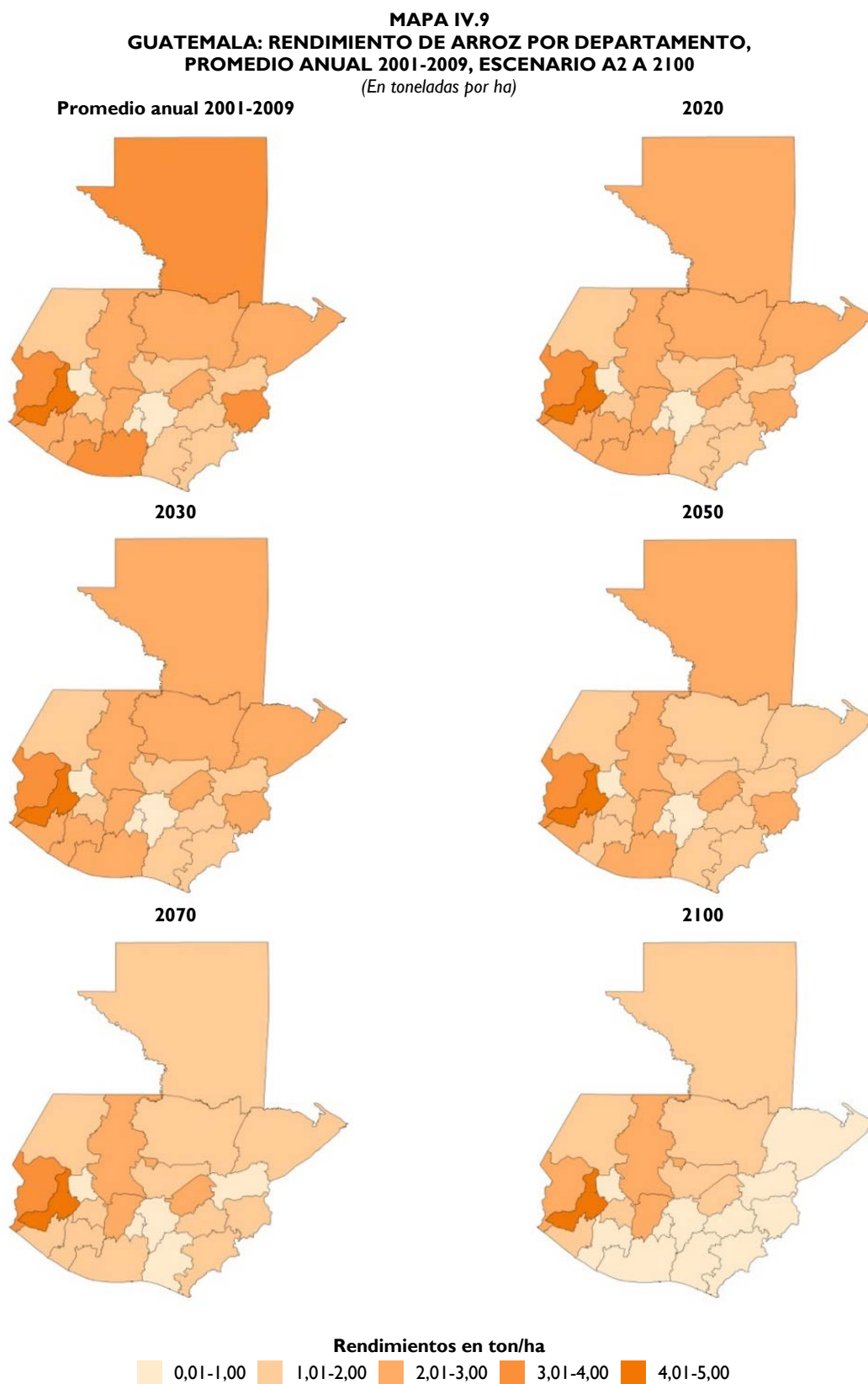
GRÁFICO IV.14
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE ARROZ EN ESCENARIO A2,
PROMEDIO 2001-2009, CON CORTES A 2100
(En toneladas por ha)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

RECUADRO IV.2
RECOMENDACIONES PARA LA AGRICULTURA Y LOS GRANOS
BÁSICOS FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO

Guatemala enfrenta muchos retos de seguridad alimentaria y nutricional ante el cambio climático, como transitar a una agricultura más sostenible e incluyente para asegurar la alimentación. Algunas acciones para asegurar los granos básicos son:

- Ampliar las redes de productores, aumentar los servicios de innovación y difundir opciones de adaptación sostenible. Cambiar las prácticas de cultivo, certificar los fertilizantes, la humedad y la retención del suelo. Almacenar y usar eficientemente el agua, los tiempos de siembra y el manejo postcosecha.
- Proteger y fomentar el desarrollo e intercambio de variedades criollas de granos básicos mediante esfuerzos conjuntos de productores e instituciones de tecnología agrícola, para contar con variedades resistentes al cambio climático y proteger la agro biodiversidad de la región.
- Reducir la producción de granos básicos en zonas no aptas por su tipo de suelo, orografía y cambios de clima, y aumentarla en zonas más aptas, con la debida atención a los derechos de los productores y la conservación de ecosistemas.
- Recuperar y rehabilitar tierras degradadas con manejo sostenible y tecnologías apropiadas, especialmente en las áreas secas.
- Ampliar la formalización de la tenencia de la tierra, incluyendo tenencia colectiva, comunitaria y de pueblos indígenas.
- Impulsar prácticas sostenibles de producción diversificada, incluyendo la agroforestería y los sistemas agrosilvopecuarios.
- Aprovechar los beneficios del cooperativismo para elevar la productividad de las actividades agropecuarias mediante las economías de escala en la producción, la comercialización y la adquisición de insumos. Desarrollar los conocimientos técnicos y prácticos sobre modos de producción sostenible ambiental y económicamente. Adquirir créditos y seguros con mejores condiciones y mayor poder de negociación de los productores.
- Capacitar a un mayor número de agricultores en modos de producción que aumenten la sostenibilidad y la productividad frente a la variabilidad climática. Aprovechar las experiencias de aprendizaje «campesino a campesino» y las formas de generación de conocimiento horizontal y de colaboración entre productores, técnicos e investigadores.
- Fortalecer los conocimientos y las prácticas de los agricultores en modos de producción sostenible y rentable. Incluir la protección del suelo, el reciclaje de «desechos», la utilización de semillas resistentes al cambio climático, y la combinación de cultivos para diversificar riesgos y así garantizar la cosecha y los ingresos de los pequeños y medianos productores.
- Avanzar en la seguridad alimentaria nacional y regional mediante el fomento a la producción en diferentes áreas geográficas. Proteger a los productores y dar facilidades al comercio intrarregional, incluyendo los mecanismos de sanidad agropecuaria, inocuidad de alimentos, innovación tecnológica y eficiencia energética.
- Integrar a las universidades y otros centros de investigación públicos y privados en investigaciones aplicables a gestión de riesgos, seguros y microseguros agropecuarios.
- Aumentar el acceso a servicios de educación y salud. Ampliar el uso de energía solar, eólica, hidroeléctrica de menor escala y de “desechos” orgánicos producidos en la misma finca para crear circuitos sostenibles de energía y producción.

- Considerar opciones de ampliación de la cobertura de áreas de riego en función de los escenarios climáticos y utilizando tecnologías eficientes.
- Promover nuevos mecanismos y medios de alerta temprana sobre probables fenómenos adversos mediante la utilización de telefonía móvil, mensajes radiofónicos, redes sociales, entre otros.
- Blindar la infraestructura pública con medidas que aminoren los riesgos de desastres desde la etapa de perfil y prefactibilidad de proyectos. La gestión de riesgos debe ser flexible para adaptarse a las nuevas amenazas que podrían presentarse a causa del cambio climático.
- Elaborar mapas de zonas de riesgos en micro y pequeñas propiedades rurales para reducir los factores de riesgo como inundaciones y, en caso necesario, reubicar a las familias en zonas menos riesgosas o dotadas de infraestructura hidráulica.
- Incrementar el mercado de los seguros y microseguros agropecuarios para aumentar la seguridad económica y alimentaria en el medio rural, reducir pérdidas en bienes agrícolas y hato ganadero y reducir el costo de las primas.
- Diseñar seguros agrícolas y otros instrumentos de cobertura de riesgos del sector y ampliar los fondos de contingencia y de reducción de riesgos.
- Involucrar a las organizaciones de productores en la gestión de riesgos y en el diseño de los planes de aseguramiento a fin de que respondan a sus necesidades.
- Ampliar la inclusión financiera de los hogares productores rurales por conducto de la banca de desarrollo, de segundo piso, bancos especializados, instituciones microfinancieras y compañías de seguros públicas y privadas que promuevan créditos, depósitos, garantías y seguros.
- Fomentar la participación de los bancos de desarrollo e instituciones públicas para dar educación financiera y aseguradora a los productores, promotores y extensionistas agropecuarios.
- Incentivar la participación de los pequeños y medianos agricultores en esquemas asociativos como cooperativas, asociaciones mutualistas y fondos de aseguramiento.
- Ampliar créditos e incentivos que apoyen la producción sostenible y adaptativa frente al cambio climático, incluyendo medidas para mejorar la eficiencia del uso de agua y reducir el uso de insumos emisores de GEI y de otros efectos contaminantes.
- Diversificar y fortalecer las fuentes de ingreso de las familias productoras con una perspectiva de sostenibilidad, incluyendo el pago por servicios ambientales del manejo sostenible de cuencas y bosques, cosecha de productos no maderables, bonos de reducciones de emisiones de GEI, y cultivo y procesamiento de productos orgánicos para mercados “verdes” o solidarios internos e internacionales como el café orgánico de sombra.
- Ampliar la colección de datos climáticos y el análisis de sus impactos físicos y económicos actuales y potenciales en los sistemas productivos de granos básicos y sus cadenas de valor.
- Fortalecer la formulación de pronósticos y alertas climáticas con sistemas de divulgación que permitan el acceso amplio de los productores a recomendaciones relativas a los ciclos productivos.
- Analizar con mayor profundidad los efectos presentes y proyectar los efectos futuros del fenómeno El Niño/La Niña, en particular la sequía y la aridez en el Corredor Seco Centroamericano.

- Crear un sistema regional de información climática, agropecuaria y financiera que sea público, confiable y oportuno, basado en sistemas nacionales fortalecidos.
- Explorar la utilización de la información georreferenciada de variables climáticas y rendimientos agropecuarios a fin de lograr la óptima gestión de riesgos y dar información transparente a los asegurados.
- Gestionar información climática, avíos, costos de producción y rendimientos por zonas y localidades, complementada con los datos recabados por los productores y sus organizaciones.
- Incorporar el cambio climático en las políticas y los presupuestos nacionales del sector agropecuario y en específico en los granos básicos, y coordinar esfuerzos con los actores responsables para reducir la deforestación, proteger la biodiversidad y gestionar los recursos hídricos.
- Analizar los proyectos de inversión en infraestructura rural para incorporar criterios de blindaje frente al cambio climático y de beneficio efectivo a los pequeños productores, ampliando los mecanismos de gestión participativa.
- Incorporar incentivos en las políticas fiscales y de competencia para estimular la productividad, la sostenibilidad y la adaptación de las cadenas de valor de granos básicos.
- Vincular explícitamente las decisiones de desarrollo agropecuario con las medidas y metas de freno a la deforestación y la conservación de servicios ambientales, incluyendo su función en la gestión integral del agua y como sumideros de carbono.

Fuente: CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, UKAID y DANIDA, 2015.

E. CAFÉ

El café es un elemento integral del paisaje centroamericano, no solo en lo productivo y comercial, sino en lo ambiental, social y cultural. Fue introducido hace casi 200 años y es uno de los productos de exportación tradicionales de la región. En Centroamérica y República Dominicana, entre 1980 y 2015, su producción aumentó en 25% y su rendimiento promedio (0,8 t/h) está al menos al nivel de la media mundial. Aunque la producción de café ha reducido su participación en el PIB, las plantaciones cubren alrededor de 1.000.000 de hectáreas, dando empleo a aproximadamente 1.800.000 personas al año (PROMECAFE).

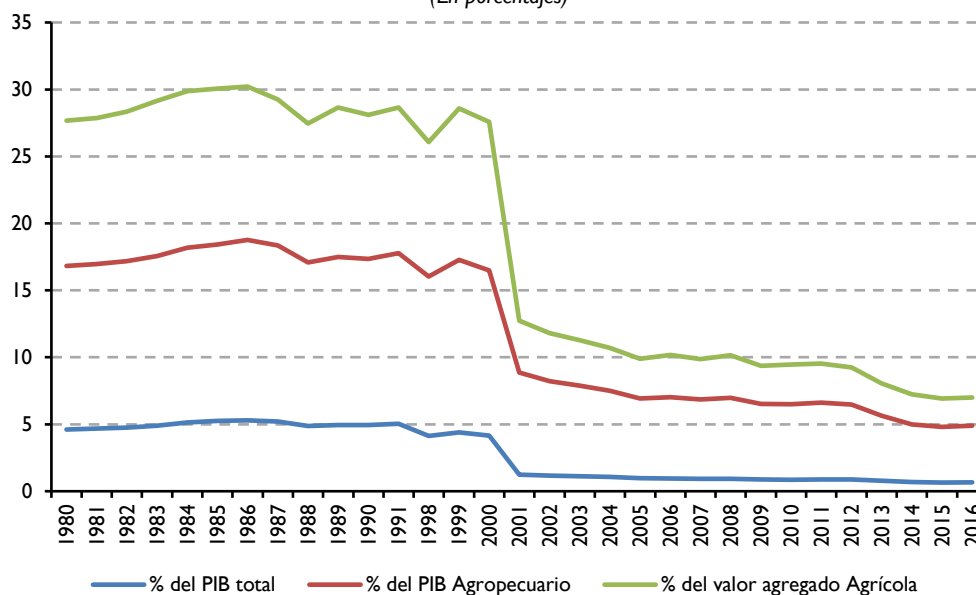
La producción de café en Centroamérica es a baja escala y bajo sombra, sistemas que traen beneficios adicionales como la diversificación de productos e ingresos y la retención de suelo y humedad, generando así hábitats propios que polinizan y dan vida benéfica y que contribuyen a crear microclimas que reduzcan la temperatura y a un mejor manejo del agua (CEPAL y CAC/SICA, 2014). La producción de café tiene amenazas y riesgos por múltiples causas que son exacerbadas por la variabilidad climática (CEPAL y CAC/SICA, 2014):

- La planta es sensible a las condiciones ambientales, principalmente de luz, temperatura, lluvia y humedad en todas las etapas de su crecimiento. Por ende, lo es también a eventos extremos y a cambios inesperados de patrones climáticos. El cultivo del café en la región está acoplado con el patrón de lluvias, que se presenta de mayo a octubre en la mayoría de las regiones de producción.

- El cultivo se ha adaptado a la topografía, con producción de diferentes variedades según la altitud, generalmente con mayor calidad en las zonas altas.
- Aunque la variabilidad de lluvias es una característica de la región, hay creciente evidencia de cambios en los extremos de lluvia intensa y sequía y de alza progresiva de la temperatura (especialmente la nocturna), que están desencadenando efectos directos e indirectos en el cultivo del café como el cambio de incidencia de enfermedades, la degradación de suelos y la reducción de servicios ambientales como control de plagas y polinización.
- Los eventos extremos también impactan en la infraestructura de transporte y procesamiento del producto.
- Entre las enfermedades que afectan la producción cafetalera está el hongo de la roya. Guatemala redujo en 17% su producción exportadora después de la epidemia de roya de 2012-2013 (FEWSNET, RUTA y PROMECAFE, 2014).

La producción de café ha sido tradicionalmente importante para Guatemala, pero su porción de valor dentro de la producción general y agrícola ha venido decreciendo por la introducción de cultivos más rentables. En el gráfico IV.15 se representa la participación de la producción de café en el PIB, el PIB agropecuario y el valor agregado agrícola del período 1980-2016, donde se observa una caída de casi el 50% en 2000, seguido de una disminución constante. La participación más elevada del valor de la producción del café fue en 1986 con el 5,3% del PIB nacional, el 18,8% del PIB agropecuario y el 30,2% del PIB agrícola. En 2016 su participación en el PIB nacional fue de solo 0,7%, de 4,9% en el PIB agropecuario y de 7,0% en el PIB agrícola.

GRÁFICO IV.15
GUATEMALA: PARTICIPACIÓN DE LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ EN EL PIB TOTAL,
AGROPECUARIO Y AGRÍCOLA, 1980-2016
(En porcentajes)



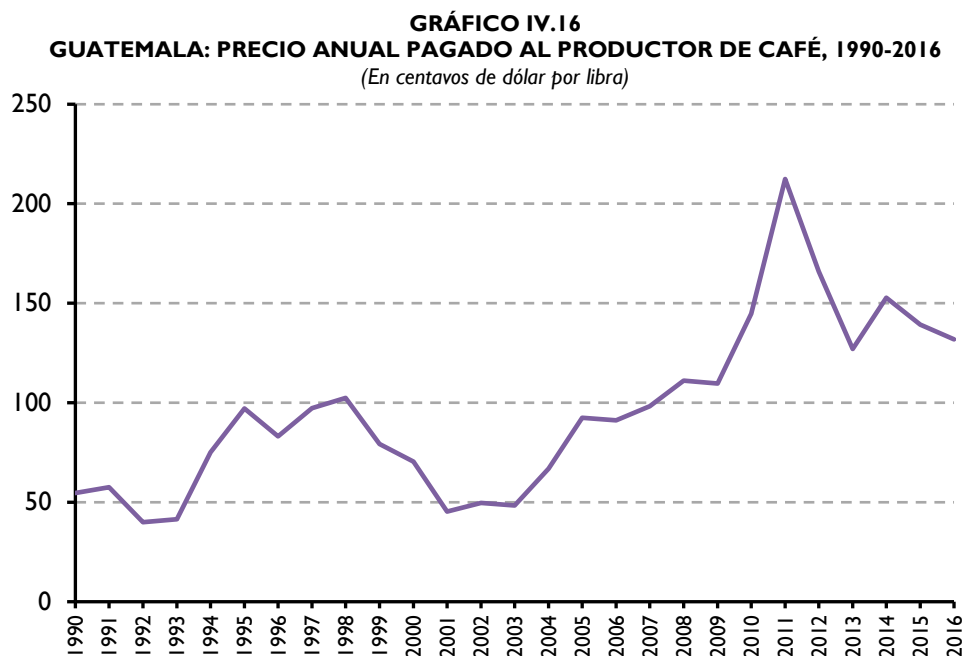
Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

El precio del café de Guatemala se ha incrementado en las últimas décadas. En el gráfico IV.16 se presentan los precios anuales del período 1990-2016. El precio aumentó 190% entre 2001 y 2016 (45,35 centavos de dólar por libra, hasta 131,80 centavos de dólar). Destaca la caída del precio entre 2011 y 2013, ya que pasó de 212,14 centavos de dólar por libra a 127,06 centavos de dólar. El descenso se atribuye en parte a la crisis financiera global, que ejerció presión a la baja en casi todos los precios

de los productos básicos y a la expansión de la producción de Viet Nam, Indonesia, Etiopía y la India (OIC, 2013).

Cabe mencionar que un precio alto del café no se traduce automáticamente en mayores ingresos proporcionales para los productores porque los intermediarios y los consumidores reaccionan ajustando su demanda. Sin embargo, los precios pagados al productor siguen la tendencia del precio internacional. En general, cuando el precio es bajo, los pequeños productores organizados pueden esperar y negociar un mejor precio para vender su producto, mejorando así sus ingresos. No obstante, la capacidad de respuesta de los pequeños productores no organizados ante cambios en el precio es limitada, pues no cuentan con capacidad de negociación ni de almacenamiento, y se ven obligados a vender inmediatamente después de la cosecha (FEWS NET, RUTA y PROMECAFE, 2014).

El mayor volumen de café comercializable internamente en Guatemala es el "pergamino", aunque buena parte de los pequeños productores lo venden en "cereza", sobre todo donde existen pocos beneficios húmedos. La mayoría de los pequeños productores venden a intermediarios o a cooperativas cuando son socios; a veces lo entregan directamente al beneficio. El sistema de comercialización varía según la región y el nivel del productor. Por ejemplo, los pequeños productores de Alta Verapaz venden su café maduro, con el riesgo de que el producto se fermente, por la dificultad de las vías de acceso y las distancias al beneficio húmedo. Los productores medianos y grandes, que generalmente no venden el café en cereza, poseen beneficios húmedos para procesarlo e infraestructura y vehículos para transportarlo dentro y fuera de las fincas, lo que les permite venderlo directamente a los exportadores (Roux y Camacho, 1992; CEPAL y CAC/SICA, 2014).



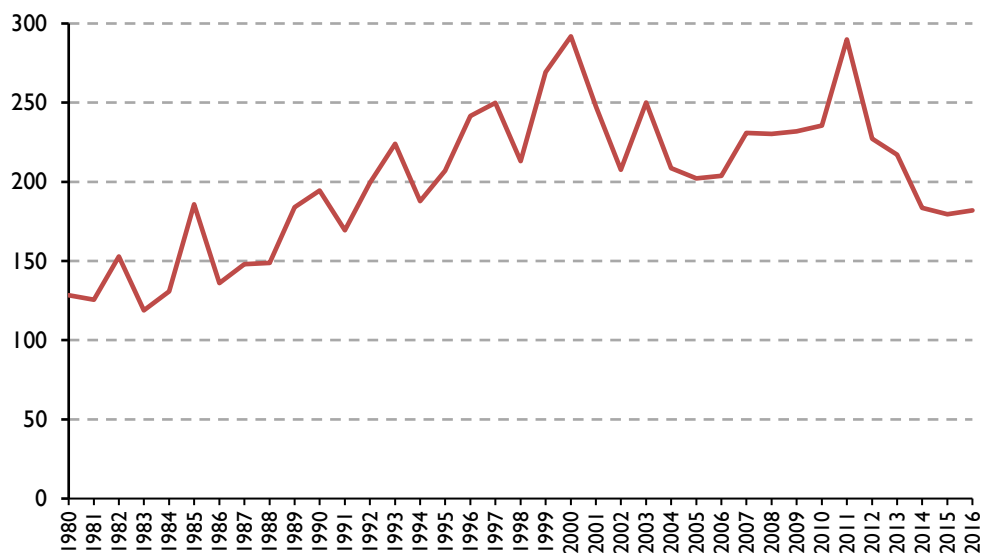
Fuente: Organización Internacional del Café (OIC).

Nota: El precio pagado al productor es el precio promedio pagado a pie de finca o el precio mínimo garantizado por el gobierno, expresado en forma, peso y moneda nacional convertido a dólares por la OIC.

Durante el período 1980-2000, la exportación de café de Guatemala creció de forma constante; en 2000 exportó 291.873 t y ha sido el nivel máximo desde 1980. Entre 2001 y 2013 las exportaciones fluctuaron entre 200.000 y 250.000 t, con excepción de 2011, año en el que alcanzaron 289.952 t. Entre

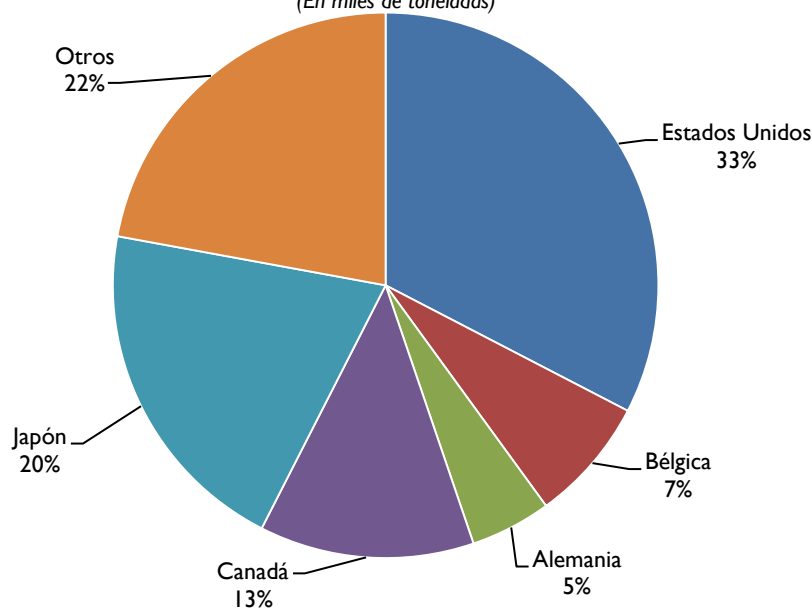
2014 y 2016 las exportaciones se han reducido como resultado de un retroceso de la producción por el impacto de la roya. En el gráfico IV.17 se representa el crecimiento de las exportaciones desde 1980, con una tasa de variación anual del 0,97%. Por su destino en 2016, 33% de las exportaciones se dirigen a los Estados Unidos, 20% a Japón, 13% a Canadá y 7% a Bélgica (véase el gráfico IV.18).

GRÁFICO IV.17
GUATEMALA: EXPORTACIONES DE CAFÉ, 1980-2016
(En miles de toneladas)



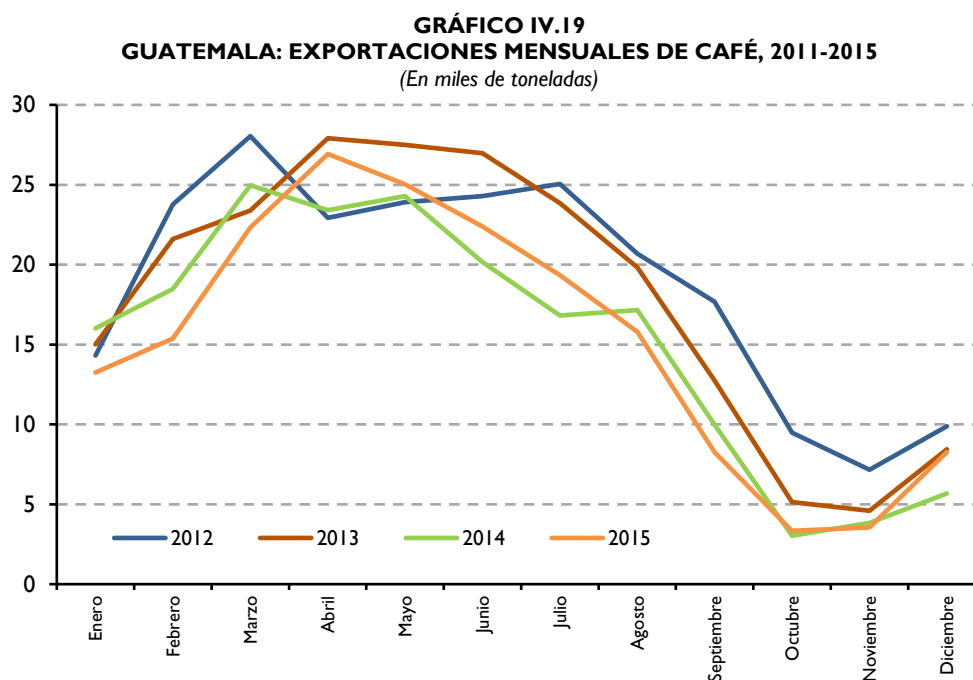
Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

GRÁFICO IV.18
GUATEMALA: DESTINO DE LAS EXPORTACIONES DE CAFÉ, 2016
(En miles de toneladas)



Fuente: SIECA.

En el gráfico IV.19 se comparan las exportaciones por meses entre 2012 y 2015. Se observa una reducción de 17% entre julio y diciembre de 2013 con respecto al mismo período del año anterior. Las exportaciones volvieron a disminuir el segundo semestre de 2014 y 2015, esta vez un 37% y 35% respectivamente, con respecto al mismo período de 2012, debido al brote de roya que afectó a los cafetales del ciclo 2012-2013, y que tuvo efectos en los siguientes ciclos.



Fuente: UNCOMTRADE.

RECUADRO IV.3 GUATEMALA: POLÍTICA NACIONAL DEL CAFÉ

La política del café está a cargo del Consejo de Política Cafetalera, formado por los ministros de Agricultura, Economía, Hacienda y Crédito Público y Relaciones Exteriores, el Presidente de la Junta Monetaria y el Presidente de la Asociación Nacional del Café (ANACAFÉ). Esta última fue creada en 1969 por el Decreto 19-69 (Ley del Café) como entidad de derecho público, no lucrativa, constituida por los caficultores de Guatemala, con personalidad jurídica, patrimonio y fondos propios y plena capacidad para contraer obligaciones, adquirir y disponer de sus bienes y operar servicios técnicos de investigación, experimentación, demostración, asistencia y divulgación en las diversas ramas de la industria cafetalera.

El decreto N° 31-2001 del Congreso de la República (1 de agosto, 2001) constituyó el Fideicomiso Apoyo Financiero para los Productores del Sector Cafetalero Guatemalteco, administrado por el Banco de Desarrollo Rural, S. A. (BANRURAL) con fines crediticios para el financiamiento de programas de diversificación de cultivos, agroindustria, comercialización y reestructuración de deuda para reactivar, diversificar y modernizar la caficultura nacional. Funciona a través de dos programas: a) Programa de Apoyo Financiero para los Micro y Pequeños Productores (con apoyos de hasta 8.000 dólares); b) Programa de Apoyo Financiero para los Medianos Productores (apoyos hasta 125.000 dólares) y Grandes Productores (apoyos hasta 500.000 dólares).

En 2013 el MAGA declaró estado de emergencia fitosanitaria por la expansión de la roya y aprobó un apoyo por 43.000.000 de quetzales para su combate (Acuerdo Ministerial N° 11, 2013,

DEPN, 2013). Mediante este decreto se integró una comisión que definió los lineamientos de operación para atender la emergencia fitosanitaria en coordinación con ANACAFE. Otro decreto, el N° 12-2013 del Congreso de la República, extiende la vigencia contractual del Fideicomiso Apoyo Financiero para los Productores del Sector Cafetalero Guatemalteco por diez años, hasta el 23 de octubre de 2026. Además, se hicieron modificaciones para incluir la figura de asistencia no reembolsable a efecto de brindar insumos para fortalecer la caficultura y los procesos productivos agrícolas y reestructurar deudas. Para los créditos que se encuentren al día, este decreto establece tasas de interés preferentes (2% anual para micro y pequeños productores y 3% anual para medianos y grandes). Para los demorados establece una tasa máxima del 8,5% anual.

Guatemala cuenta con una Política Nacional de Cambio Climático (PNCC) formulada por el Ministerio de Ambiente y Recursos (MARN) con la participación de instituciones de gobierno, sector privado, ONG y academia, aprobada en el Acuerdo Gubernativo 329-2009 del Presidente de la República y el Consejo de Ministros. Esta política fue creada para contribuir al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo del Milenio, reducir la pobreza, disminuir la vulnerabilidad del país ante el cambio climático, reforzar la capacidad de adaptación y aprovechar los recursos naturales renovables para reducir las emisiones de GEI.

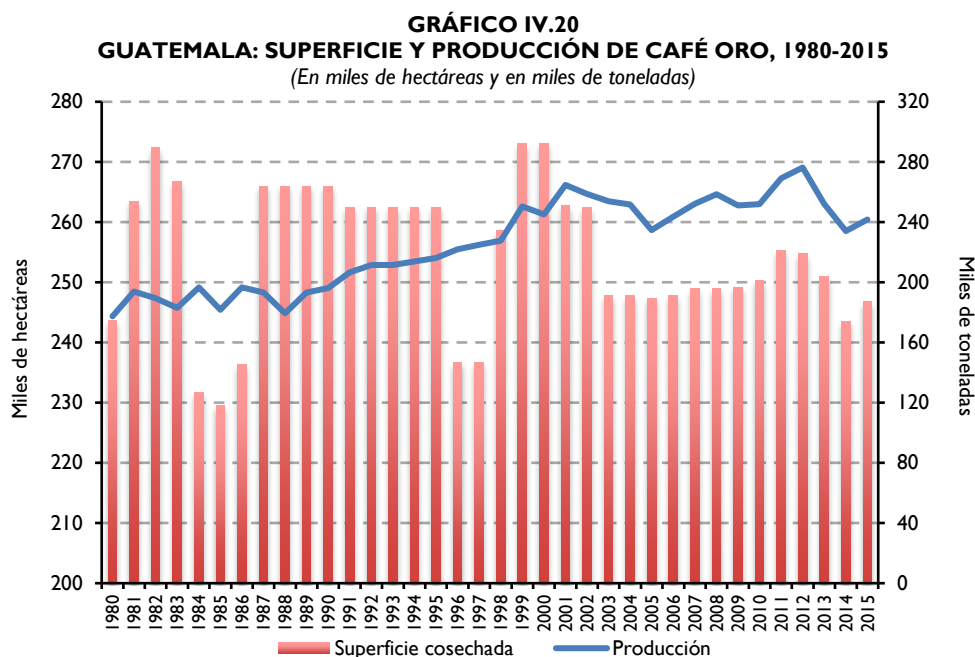
En septiembre de 2013, el Congreso de la República de Guatemala, a través del Decreto 7-2013, promulgó la Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (mejor conocida como Ley de Cambio Climático). La finalidad de esta ley es que todos los habitantes del país hagan suyas las prácticas oficiales ante el cambio climático (artículo 2) y que reduzcan su vulnerabilidad. Esta ley crea el Consejo Nacional de Cambio Climático (artículo 8) formado por 15 miembros del gobierno, gobiernos locales (representantes de las municipalidades), organizaciones no gubernamentales y academia (Universidad Nacional y representante de universidades privadas). El artículo 15 establece mandatos para que las entidades públicas correspondientes establezcan planes estratégicos para reducir la vulnerabilidad y aumentar la adaptación al cambio climático, con énfasis en la protección de los ecosistemas naturales.

El Gobierno de Guatemala, a través del MARN, creó el Programa Guatemala Huella Cero, en julio de 2014, para reducir las emisiones de GEI. La iniciativa pretende agrupar y ordenar los diferentes esfuerzos al respecto para mejorar la competitividad y el desarrollo a largo plazo. Se espera asimismo posicionar “negocios verdes” donde participen el sector privado e instituciones de gobierno relacionadas con energías renovables, recursos forestales, estrategias sostenibles de leña y apoyo al Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas. Estos esfuerzos se suman a otras iniciativas como el Proyecto REDD+ y arreglos institucionales como el Grupo de Coordinación Interinstitucional formado por el MARN, MAGA, INAB y CONAP para el manejo de los recursos forestales y el cambio de uso de la tierra.

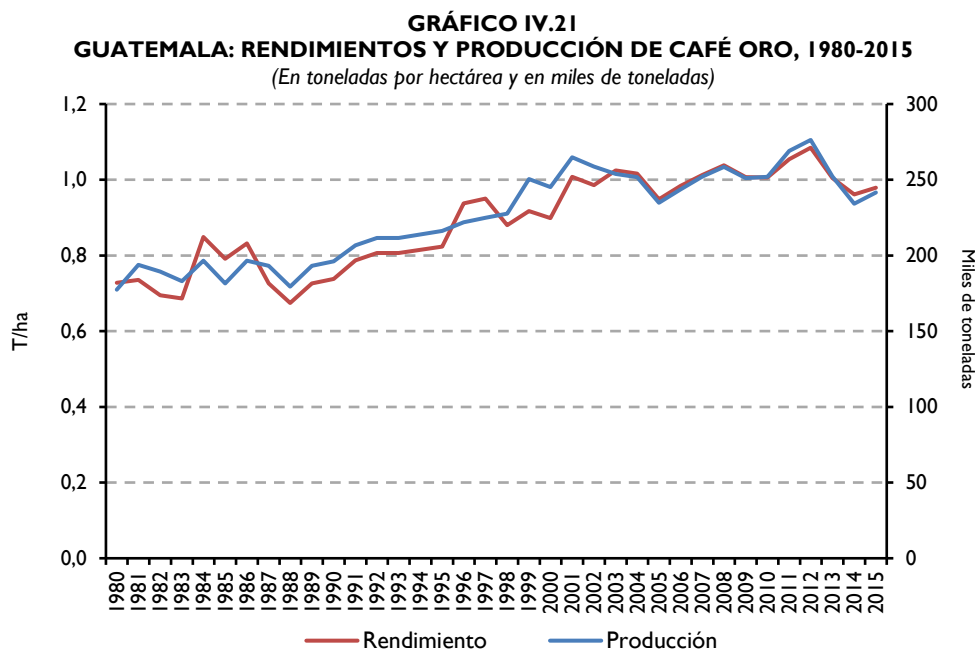
Fuente: CEPAL y CAC/SICA, 2014.

Durante el período 1980-2015, la superficie dedicada al cultivo del café creció y se redujo alternativamente, como se ilustra en el gráfico IV.20, con períodos con más de 260.000 ha (1981-1983, 1987-1995 y 1999-2002), hasta alcanzar su extensión máxima de 273.000 ha en 2000. A partir de 2002 la superficie comenzó a disminuir hasta un promedio de 249.000 ha. La producción presenta una tasa de crecimiento anual del 0,89%. En 1980 se producían 177.400 t; en 2015 se produjeron 241.638 t. Los niveles de rendimiento y producción del café tienen un comportamiento similar (véase el gráfico IV.21) con una tasa de crecimiento promedio del 0,85%, en el caso de los rendimientos. En la década de 1980

el rendimiento promedio fue de 0,74 t/ha y para la década de 1990 aumentó a 0,85 t/ha. Desde 2000 hasta 2015 el promedio fue de 1 t/ha. Ambas variables tuvieron una reducción desde 2012 por el impacto de la roya.



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

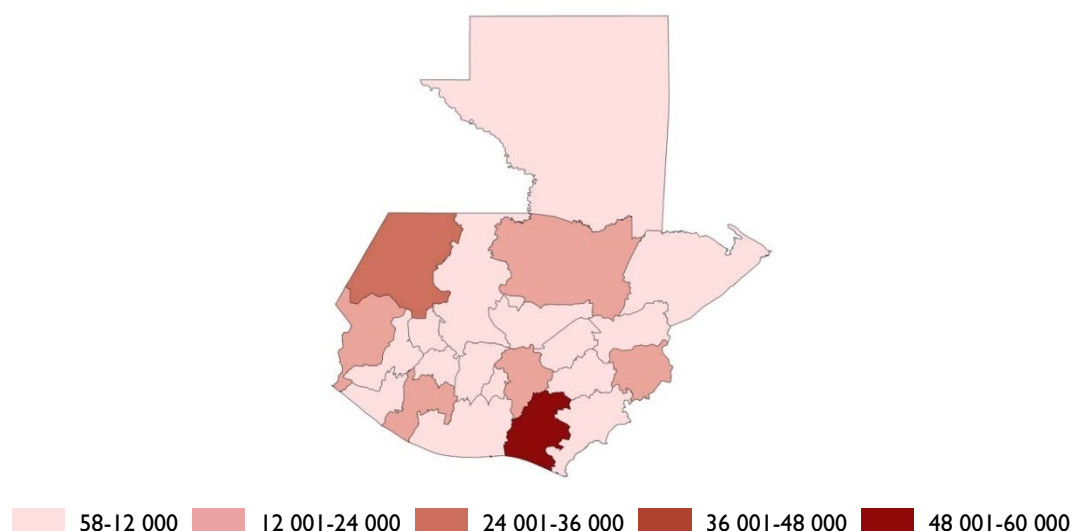


Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2017.

El promedio de la producción anual de café del período 2001-2009 por departamentos se presentan en el cuadro IV.7 y el mapa IV.10. El departamento Santa Rosa es el mayor productor con un total de 51.495 t, equivalentes al 22,2% nacional, seguido por Huehuetenango con 29.587 t (12,8%) y Chiquimula 23.961 t (10,3%). Entre los tres departamentos producen más del 45% de la producción

nacional, mientras que El Petén, Izabal y Totonicapán son los que menos producción de café tienen; los dos primeros tienen menor altitud que el resto y temperaturas medias altas.

MAPA IV.10
GUATEMALA: PRODUCCIÓN DE CAFÉ POR DEPARTAMENTO,
PROMEDIO ANUAL 2001-2009
(En toneladas)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2014.

CUADRO IV.7
GUATEMALA: PRODUCCIÓN DE CAFÉ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009
(En toneladas)

Departamento	Producción 2001-2009	Participación (en porcentajes)
Alta Verapaz	14 736	6,36
Baja Verapaz	642	0,28
Chimaltenango	10 982	4,74
Chiquimula	23 961	10,34
El Petén	58	0,03
El Progreso	1 414	0,61
El Quiché	2 991	1,29
Escuintla	4 831	2,08
Guatemala	14 183	6,12
Huehuetenango	29 587	12,77
Izabal	71	0,03
Jalapa	9 198	3,97
Jutiapa	6 723	2,90
Quetzaltenango	8 434	3,64
Retalhuleu	2 184	0,94
Sacatepéquez	7 230	3,12
San Marcos	14 344	6,19
Santa Rosa	51 495	22,22
Sololá	7 146	3,08
Suchitepéquez	16 331	7,05
Totonicapán	125	0,05
Zacapa	5 103	2,20
Total	231 769	100,00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2014.

El promedio de los rendimientos de café en el período 2001-2009 por departamentos se presentan en el cuadro IV.8. De los 22 departamentos, 16 tienen rendimientos superiores al promedio mundial de 0,8 t/ha. Los más productivos son Chiquimula, con rendimientos de 1,12 t/ha, Sololá con 1,10 t/ha, El Quiché con 1,06 t/ha, Huehuetenango con 1,04 t/ha y Santa Rosa con 1,01 t/ha. Quetzaltenango y Alta Verapaz son los departamentos con los menores rendimientos, no superan las 0,7 t/ha.

La modelación de los impactos del cambio climático sobre los rendimientos de café se basa en la función de producción, que incluye las variables de precio del café, tasas de población y alfabetismo, tipos de suelo, altitud y longitud, y temperatura y precipitación mensuales. La iniciativa ECC CA realizó un modelo de datos panel para modelar los rendimientos de café de todos los departamentos de Centroamérica¹⁵.

Los potenciales cambios porcentuales del rendimiento del café en los escenarios B2 y A2 para finales de siglo y en diversos cortes de tiempo se presentan en el cuadro IV.8. Se observa que, en B2, en 2030 El Quiché, Huehuetenango, Quetzaltenango y Sololá podrían tener aumento en rendimientos. Chimaltenango se mantendría sin cambios y el resto disminuirían, sobre todo El Petén, con 19%. En 2100 solo Quetzaltenango y Sololá tendrían rendimientos mayores a los históricos y los otros departamentos disminuirían sus rendimientos con mayor impacto en El Petén (-63%), Escuintla (-55%) y Suchitepéquez (-55%).

En el escenario A2 para 2030 habría siete departamentos con ligeros incrementos en rendimientos (entre 0,2% y 3,8%), Baja Verapaz, Chimaltenango, Huehuetenango, Quetzaltenango, Sacatepéquez, San Marcos y Sololá. El departamento más afectado sería Suchitepéquez con una pérdida de 31%. Para finales de siglo, los resultados podrían ser catastróficos para El Petén, Escuintla y Suchitepéquez con reducciones mayores al 89%. El promedio de reducción de los departamentos podría ser del 35,6% para entonces. Totonicapán y Quetzaltenango podrían aumentar su rendimiento en 2% y 9%, respectivamente.

La evolución esperada de los rendimientos de café por departamentos se presenta en los gráficos IV.22 y IV.23. En ambos escenarios hay dos departamentos que podrían aumentar sus rendimientos de manera constante hacia 2100, Retalhuleu y Sololá en B2, y Quetzaltenango y Totonicapán en A2. Los restantes departamentos, el 91%, presentarían reducciones que podrán ser mayores en A2 y algunos departamentos tendrían aumentos en 2020 y 2030.

En los mapas IV.11 y IV.12 se presenta la evolución de los rendimientos del café por departamentos. Se observa que la región más afectada sería la del Pacífico y El Petén en ambos escenarios. Las regiones del Altiplano Occidental y del Centro, principalmente los departamentos de mayor altitud son los que mantendrían los mejores rendimientos. Para finales de siglo, en B2, ocho departamentos mantendrán rendimientos superiores al promedio mundial de 0,8 t/ha. En A2 solo cuatro departamentos mantendrán rendimientos competitivos. Los departamentos de El Petén, Suchitepéquez y Escuintla podrían tener rendimientos menores a 0,1 t/ha en el escenario más extremo.

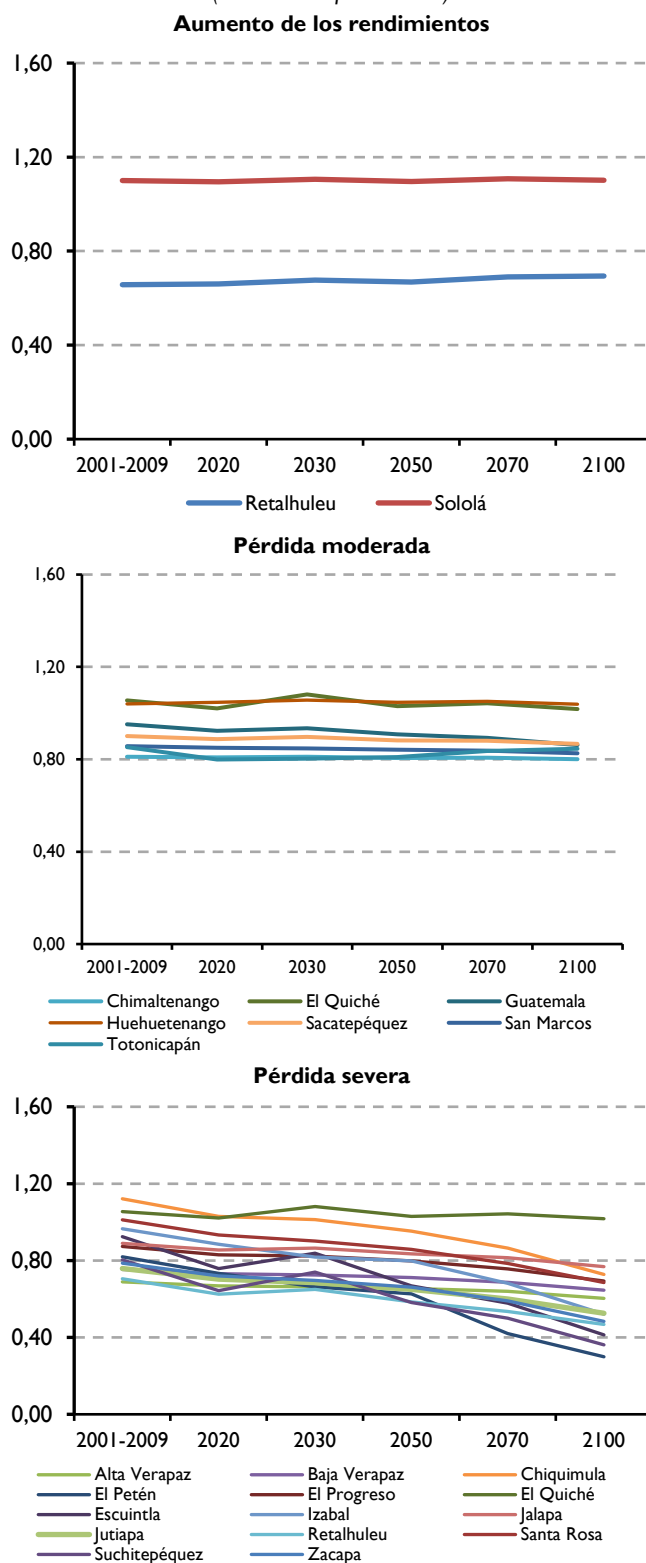
¹⁵ La descripción de las variables y los resultados de los modelos se pueden consultar en CEPAL y CAC/SICA, (2014).

CUADRO IV.8
GUATEMALA: RENDIMIENTO DE CAFÉ POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO ANUAL 2001-2009,
ESCENARIOS B2 Y A2 CON CORTES A 2020, 2030, 2050, 2070 Y 2100
(t/ha para 2001-2009 y porcentaje para escenarios B2 y A2)

Departamento	2001-2009	B2					A2				
		2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Alta Verapaz	0,69	-3,19	-3,63	-4,79	-7,11	-12,48	4,50	-1,45	-3,63	-9,72	-21,48
Baja Verapaz	0,75	-3,05	-3,85	-5,70	-9,02	-14,32	0,66	0,27	-4,51	-12,47	-27,19
Chimaltenango	0,81	-0,37	0,00	-0,74	-0,49	-1,36	0,74	2,34	1,73	0,12	-4,81
Chiquimula	1,12	-8,12	-9,55	-15,08	-22,93	-35,06	4,82	-8,74	-17,40	-30,87	-56,56
El Petén	0,82	-10,38	-18,93	-23,44	-48,72	-63,49	2,08	-13,80	-24,30	-65,20	-98,05
El Progreso	0,87	-4,93	-5,73	-8,71	-13,40	-20,50	2,06	-3,09	-9,16	-18,67	-35,97
El Quiché	1,06	-3,22	2,46	-2,37	-1,14	-3,51	14,41	-2,84	-2,56	-1,99	-5,50
Escuintla	0,92	-17,86	-9,31	-27,60	-37,45	-55,30	8,12	-27,27	-43,07	-61,26	-92,97
Guatemala	0,95	-2,94	-1,89	-4,62	-6,20	-9,45	2,63	-0,63	-3,05	-8,61	-17,96
Huehuetenango	1,04	0,67	1,54	0,67	1,06	-0,10	4,71	1,73	-0,29	1,25	-3,65
Izabal	0,97	-8,29	-15,23	-17,31	-29,33	-46,01	1,55	-9,12	-16,27	-33,06	-62,38
Jalapa	0,89	-3,71	-2,70	-6,19	-8,32	-13,61	4,16	-1,24	-5,51	-12,15	-24,52
Jutiapa	0,76	-7,25	-9,75	-14,49	-20,95	-30,70	-3,82	-10,01	-17,39	-32,02	-56,13
Quetzaltenango	0,66	0,46	2,89	1,83	5,18	5,63	2,89	3,81	3,65	8,98	9,13
Retalhuleu	0,71	-11,35	-7,80	-17,02	-24,11	-33,62	1,56	-15,60	-25,96	-38,16	-58,01
Sacatepéquez	0,90	-1,55	-0,44	-2,11	-2,33	-3,77	2,00	0,78	0,44	-2,55	-8,21
San Marcos	0,86	-0,70	-1,17	-1,87	-2,22	-3,62	-0,70	0,23	-2,57	-2,80	-8,40
Santa Rosa	1,01	-7,81	-10,87	-15,22	-22,43	-32,21	-5,04	-10,97	-20,75	-35,57	-60,18
Sololá	1,10	-0,54	0,45	-0,45	0,64	0,09	0,82	2,63	1,09	2,18	-1,45
Suchitepéquez	0,80	-20,02	-7,96	-27,61	-37,94	-55,10	12,94	-31,22	-44,15	-61,82	-89,05
Totonicapán	0,85	-6,33	-5,86	-5,04	-1,99	-0,82	-9,26	-2,58	-1,99	1,88	2,11
Zacapa	0,79	-8,27	-11,32	-15,90	-24,94	-38,42	2,16	-8,65	-17,81	-32,70	-61,20

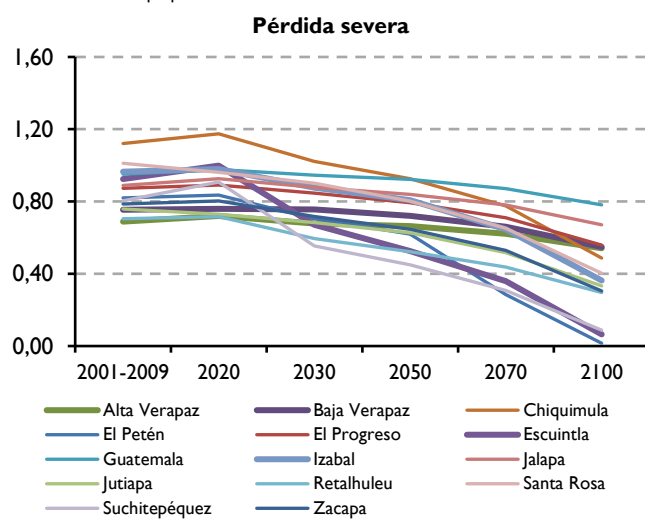
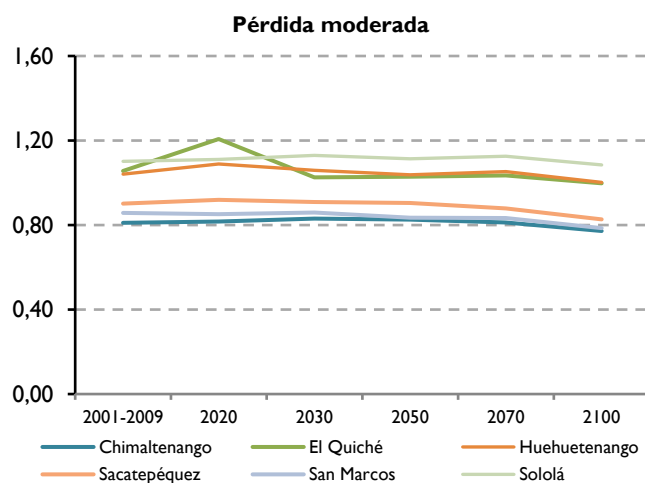
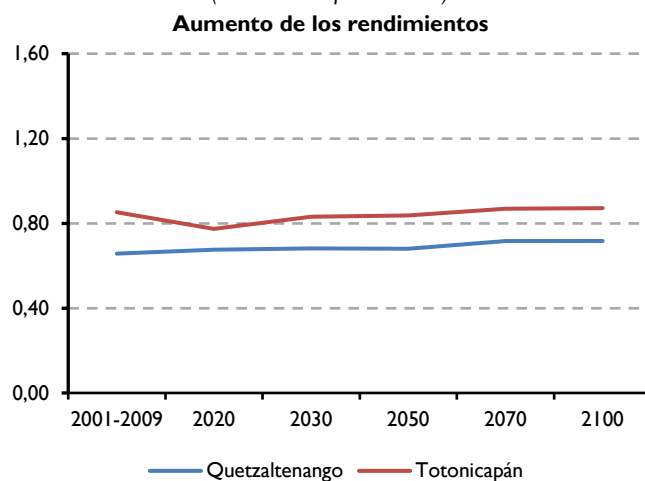
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2014.

GRÁFICO IV.22
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE CAFÉ, ESCENARIO B2,
PROMEDIO 2001-2009, CON CORTES A 2100
(En toneladas por hectárea)



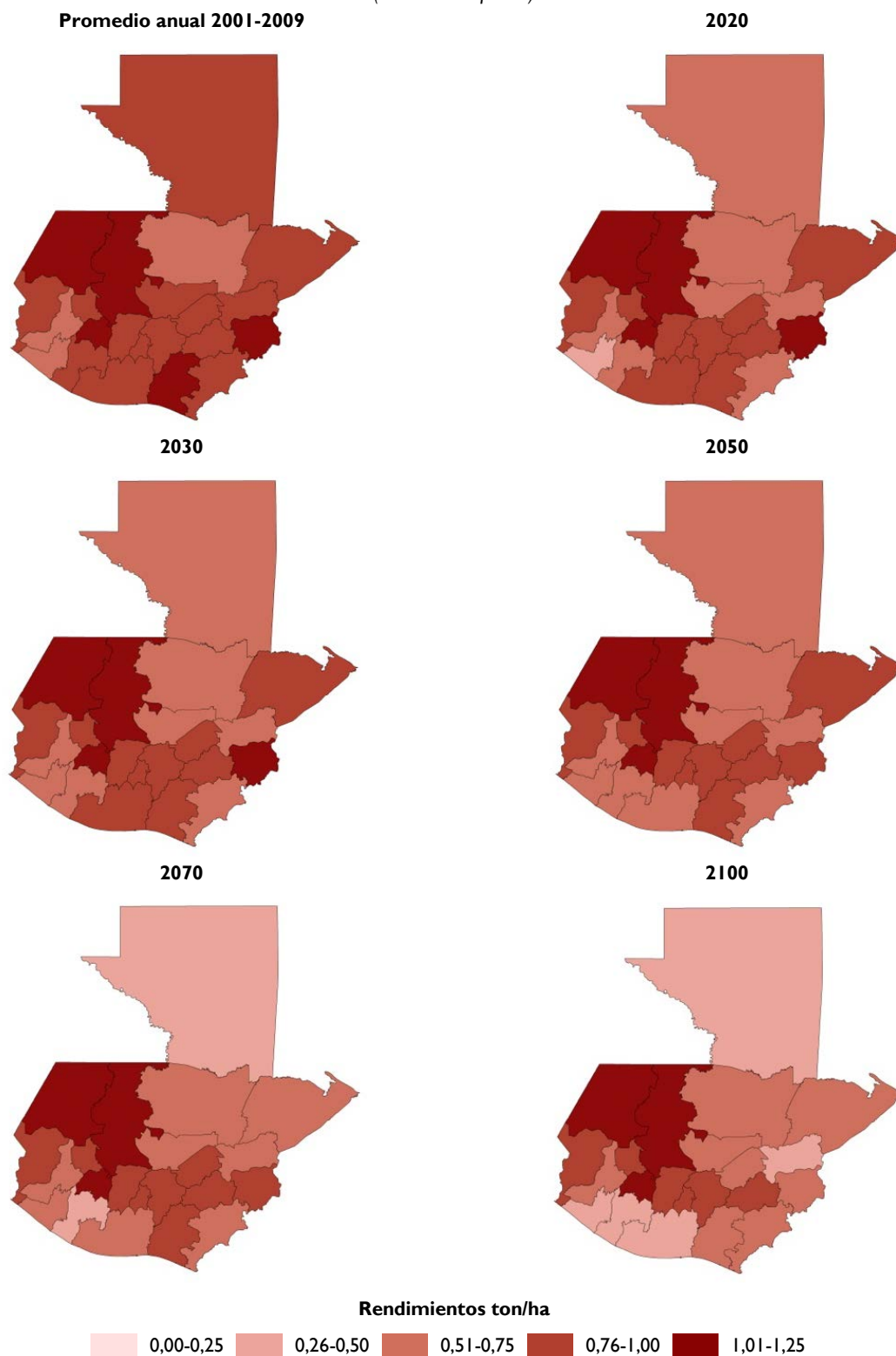
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2014.

GRÁFICO IV.23
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE CAFÉ, ESCENARIO A2,
PROMEDIO 2001-2009, CON CORTES A 2100
(En toneladas por hectárea)

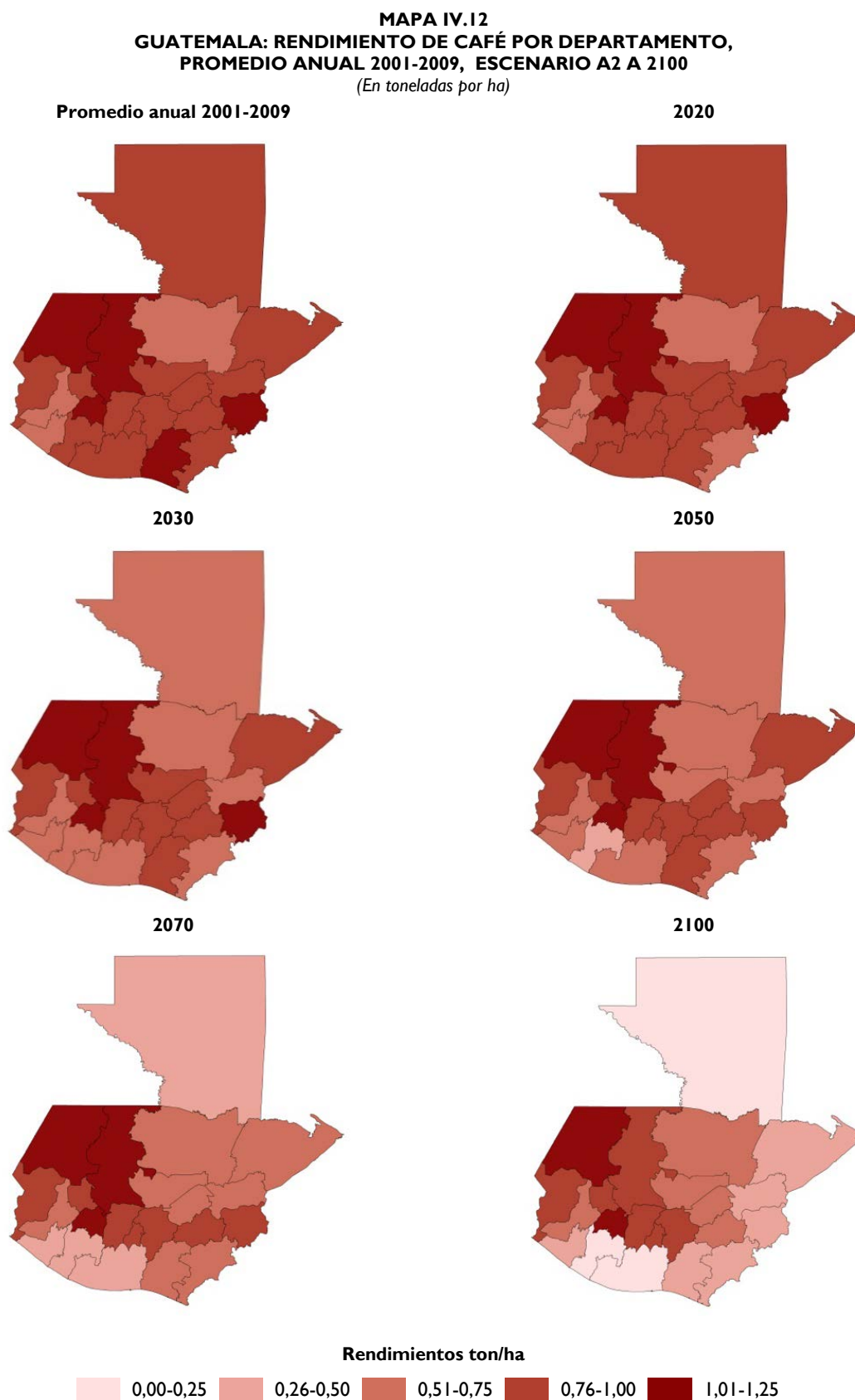


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2014.

MAPA IV.11
GUATEMALA: RENDIMIENTO DE CAFÉ POR DEPARTAMENTO,
PROMEDIO ANUAL 2001-2009, ESCENARIO B2 A 2100
(En toneladas por ha)



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL y CAC/SICA, 2014.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2014.

En el cuadro IV.9 se presenta el resumen de las reducciones de rendimientos, a nivel nacional, de granos básicos y café para Guatemala en los diferentes cortes. Los resultados indican que los impactos pueden ser menores en el escenario B2, y hasta podría registrarse un incremento en los rendimientos del frijol. En A2, en cambio, todos los productos podrían sufrir reducciones sustantivas que aumentan con el tiempo, sobre todo después de 2050. Para finales de siglo el producto que podría sufrir mayores reducciones en el escenario B2 es el café, mientras que con el A2 podría ser el arroz, con una reducción del 41,7%.

CUADRO IV.9
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE GRANOS BÁSICOS Y CAFÉ EN ESCENARIOS B2 Y A2,
PROMEDIO 2001-2009 Y CORTES A 2100

(En t/ha para 2001-2009 y en porcentajes para los escenarios B2 y A2)

	Promedio de rendimientos 2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
	(t/ha)					
Escenario B2						
Maíz	1,91	-1,00	-3,83	-3,94	-4,77	-7,07
Frijol	0,70	3,71	1,52	1,50	1,76	0,94
Arroz	2,60	-4,63	-7,46	-9,79	-15,48	-20,27
Café	0,92	-5,86	-5,40	-9,72	-14,27	-21,27
Escenario A2						
Maíz	1,91	-7,39	-6,71	-11,35	-14,86	-21,77
Frijol	0,70	-6,99	-6,94	-8,79	-10,14	-17,44
Arroz	2,60	-9,33	-10,38	-19,27	-28,63	-41,71
Café	0,92	2,44	-6,16	-11,52	-20,23	-35,37

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a, y CEPAL y CAC/SICA, 2014.

RECUADRO IV.4 **RECOMENDACIONES PARA LA PRODUCCIÓN DE CAFÉ FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO**

La iniciativa para renovar el sector cafetalero y adaptarlo al cambio climático involucra un conjunto de acciones de los pequeños productores, que comprenden el uso de datos climáticos, la diversificación de la producción y de los ingresos, el plan de la emergencia de la roya, y el desarrollo de una propuesta integrada de servicios productivos y sociales, incentivos económicos y fiscales. Esto incluye inversión en infraestructura rural, fortalecimiento de los sistemas de certificación y de negociaciones comerciales, y de acceso al financiamiento. A continuación, se presenta una serie de acciones que podrían ser implementadas:

- Incentivar el diálogo y la organización con los pequeños cafetaleros para emprender acciones que fortalezcan el intercambio de conocimientos. Crear acceso a los servicios de extensión, innovación y de otra índole, que mejoren su producción e ingreso, tomando en cuenta las experiencias exitosas y lecciones aprendidas en la región.
- Fortalecer las cadenas de valor del café con métodos participativos para identificar acciones preventivas que mejoren el nivel de vida de los productores, su capacidad adaptativa y sostenibilidad.
- Incorporar análisis sobre adaptación al cambio climático y oportunidades asociadas a la transición a economías bajas en emisiones, propiciando mayor calidad del grano y mayor producción de cafés diferenciados para nichos de mercados con mejores precios.
- Ampliar la colección y precisión de datos climáticos en las fincas de pequeños cafetaleros. Favorecer su intercambio y uso en la toma de decisiones sobre prácticas productivas sostenibles.

- Implementar los planes de acción y emergencia frente a la roya con atención a otras enfermedades y medidas requeridas a mediano plazo.
- Valorizar las opciones potenciales con las familias productoras con una perspectiva de sostenibilidad y adaptación al cambio climático, considerando que la diversificación de la producción y de las fuentes de ingreso ya son parte de la gestión tradicional de reducción de riesgo de muchos pequeños productores.
- Evidenciar y divulgar los múltiples beneficios y los esfuerzos requeridos para crear sistemas productivos sostenibles.
- Diversificar cálculos que tomen en cuenta la producción total compensatoria de diversas especies en una finca.
- Evaluar los beneficios y costos de una propuesta integrada de servicios productivos y sociales con aportes públicos, privados y sociedad civil para fomentar el desarrollo sostenible e incluyente del sector. Con esta evaluación, calificar los incentivos económicos y fiscales vigentes en el sector.
- Explorar incentivos con las autoridades hacendarias para la organización de productores y la producción sostenible y adaptativa del café frente al cambio climático. Esto incluye medidas para mejorar la eficiencia del uso de agua y reducir el uso de insumos emisores de GEI y de otros efectos contaminantes.
- Fomentar la ampliación y el mejoramiento de los sistemas de certificación y contratos de exportación con mercados especializados (comercio justo, orgánico y huella de carbono).
- Hacer efectivas las medidas acordadas en las políticas y los presupuestos públicos.
- Diseñar proyectos de financiamiento externo, coordinando esfuerzos con los actores responsables para reducir la deforestación, proteger la biodiversidad y gestionar los recursos hídricos.

Fuente: CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, UKAID y DANIDA, 2015.

Recapitulando, la actividad agropecuaria ha sido uno de los sectores mayormente afectados por el cambio climático debido a que el clima y sus variaciones son determinantes para el crecimiento y el desarrollo de los cultivos. El alza de la temperatura y los trastornos potenciales del ciclo hidrológico modificarán la disponibilidad del agua, las condiciones de aridez y la frecuencia y duración de las sequías. Estas condiciones son propicias para una mayor frecuencia de incendios forestales, pérdidas de producción de granos y desfases de ejecución de prácticas agrícolas como la siembra, el control de plagas y la cosecha.

De acuerdo con las estimaciones del impacto del cambio climático en la producción de granos básicos a escala nacional, los rendimientos del maíz en Guatemala podrían disminuir en 7% hacia 2030, un 12% hacia 2050 y un 21% en 2100 en el escenario A2. Los rendimientos nacionales promedio de frijol podrían disminuir en 7% en 2030, un 9% en 2050 y un 17% en 2100 en el mismo escenario. Los rendimientos nacionales promedio de arroz podrían disminuir en un 10% en 2030, un 19% en 2050 y un 42% en 2100 en el escenario A2. Por su parte, el café contribuyó con el 17% del valor de las exportaciones totales de bienes guatemaltecos en 6,5% en 2011 y es fuente importante de ingresos para muchas familias rurales. Según el análisis de la ECC CA, los rendimientos del café podrían reducirse en un 6% en 2030, un 12% en 2050 y un 36% en 2100 en el escenario A2. Es importante anotar que el escenario en mención mantiene estables los sistemas de producción y no estima los beneficios de medidas de adaptación.

F. SEGURIDAD ALIMENTARIA Y NUTRICIONAL

La disponibilidad de alimentos es un tema básico en toda Centroamérica. El impacto del cambio climático sobre los rendimientos de los cultivos básicos y por ende de la capacidad de los pequeños productores de acumular reservas podría significar escasez de alimentos y, por tanto, riesgo de seguridad alimentaria. De acuerdo con la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2008), la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) plena se tiene cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico en todo momento a cantidades suficientes de alimentos inocuos y nutritivos, que satisfagan las necesidades de la población, tanto en dieta y preferencias alimentarias, para llevar una vida activa y saludable en forma continua y sostenible.

La prevalencia de la subnutrición estimada por la FAO es un indicador de la SAN basado en información de encuestas de hogares con datos macro de producción y comercio, además de balances alimentarios elaborados por la misma FAO¹⁶ y se refiere a la proporción de la población en riesgo de insuficiencia calórica. En cuanto a Guatemala, en el cuadro IV.10 se muestra la prevalencia de la subnutrición en el período 1990-2016. Las cifras muestran que la situación no mejoró en el período, si bien se logró revertir un notable repunte del porcentaje. El período inició con un promedio de subnutrición del 14,9%, pero diez años después, entre 2000 y 2002, aumentó hasta su máximo, 20,4%. A partir de entonces empezó a disminuir hasta llegar al 15,6% en 2014-2016, porcentaje mayor que el de 1990-1992, lo que indica las dificultades del país para mejorar la situación. Blindar la seguridad alimentaria y nutricional ante el cambio climático, particularmente los granos básicos, y transitar hacia una agricultura más sostenible e incluyente, son retos enormes e impostergables para proteger a la población pobre del campo y la ciudad de Guatemala.

CUADRO IV.10
GUATEMALA: PREVALENCIA DE LA SUBNUTRICIÓN, 1990-2016
(En porcentajes)

Guatemala	1990-1992	1995-1997	2000-2002	2005-2007	2010-2012	2013-2015	2014-2016
Subnutrición	14,9	17,1	20,4	15,9	14,8	15,6	15,6

Fuente: FAOSTAT, 2017.

Nota: Probabilidad de que un individuo de la población consuma una cantidad de calorías que son insuficientes para cubrir sus requerimientos de energía. Es decir, proporción de la población en riesgo de insuficiencia calórica.

Como se ha visto a lo largo de este capítulo, la economía rural de Guatemala ha tendido hacia la descapitalización. El consumo de granos básicos depende cada vez más de los mercados internacionales en un contexto de creciente demanda, lo que, combinado con los estragos del cambio climático, podría aumentar los riesgos de escasez y altos precios o grandes fluctuaciones de precios de los alimentos. El consumo aparente de maíz de Guatemala se triplicó entre 1980 y 2015 (de 787.905 t a 2.478.914 t) debido a la demanda añadida por el aumento poblacional y para alimentar animales y otros usos (véase el gráfico IV.24).

¹⁶ En el documento El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2013: las múltiples dimensiones de la seguridad alimentaria se aclara que este indicador se refiere al acceso a alimentos y es una medida de la posible prevalencia de carencia de alimentos para toda la población de un país en un año, no para diferentes grupos de población (FAO, FIDA y PMA, 2013).

Las importaciones comenzaron a crecer en la década de 1990 debido al estancamiento de la producción doméstica. A partir de 2000 se aceleraron por la entrada en vigor del Tratado de Libre Comercio con México y el Tratado DR-CAFTA en 2006. Entre 1980 y 2015, las importaciones de maíz para todos los usos crecieron de 82.000 t a 982.205 t. La producción doméstica empezó a crecer de nuevo al final del período, pero con una tasa de dependencia del exterior que pasó del 10% al 40% en 35 años.

El consumo de frijol de Guatemala también se ha incrementado por el aumento de la población, pero el grano sigue siendo proveído por la producción interna en su mayor parte. Las importaciones han aumentado, pero no al ritmo de las de maíz y arroz. De 1980 a 2015 crecieron un 21% y en 2015 el volumen no superaba las 3.000 t. La producción neta aumentó en un 275% y la tasa de dependencia del exterior pasó del 5% (1980) al 1% en 2015 (véase el gráfico IV.24).

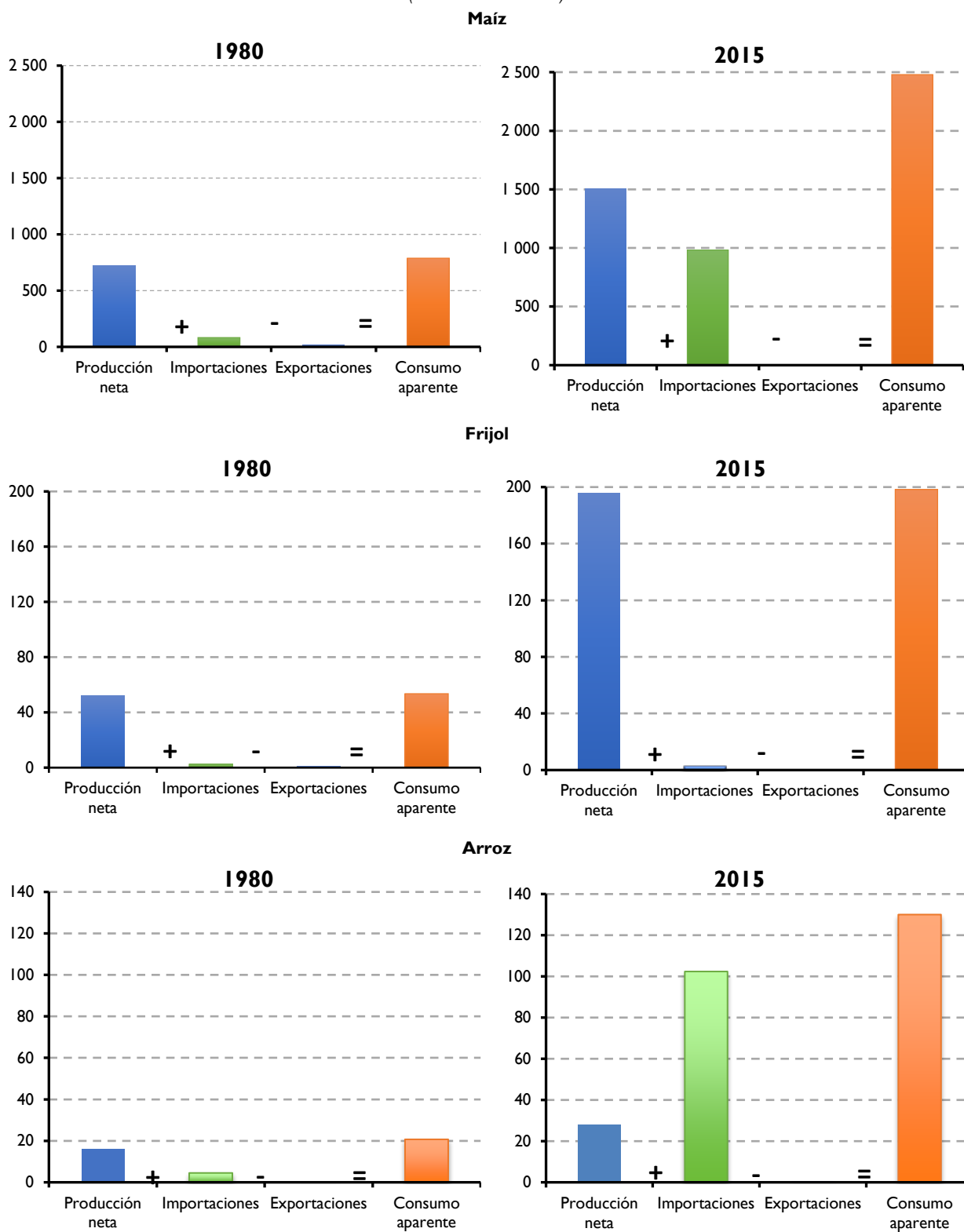
El consumo aparente de arroz se ha incrementado en las últimas décadas por el aumento de las importaciones que entre 1980 y 1987 oscilaron entre las 200 t y las 4.500 t. Pero entre 1988 y 1997 subieron a un rango entre 6.000 t y 34.000 t. La tendencia a importar se aceleró por los tratados comerciales, de manera que en 2006 se alcanzaron 107.114 t. La tendencia se ha mantenido y en 2015 se importaron 102.382 t. La tasa de dependencia del exterior es muy alta y alcanza el 79% (véase el gráfico IV.24).

La inflación de precios de los alimentos se explica en gran parte por el crecimiento de las importaciones y por tanto el seguimiento de los precios internacionales, estimulado a su vez por eventuales disminuciones de oferta causadas por malas condiciones climáticas que afectaron la producción en los países que exportan a la región. No obstante, la inflación de precios de los alimentos en Guatemala ha sido menor que la inflación general, si bien esta genera presiones adicionales al alto índice de pobreza y desigualdad del país que impactan en el acceso a la SAN. En 2014, el 67,7% de la población se encontraba en situación de pobreza, con un índice de Gini de 0,55.

Los granos básicos son la principal fuente de energía de los habitantes centroamericanos por su aporte de proteínas de origen vegetal. En el cuadro IV.11 se presenta su aporte a los requerimientos de energía, proteína y grasa de los guatemaltecos en 2000 y 2013. Se observa que el maíz es el grano que aportó más energía (39%), proteína (40%) y grasa (23%) en 2000. En 2013 su aporte disminuyó y aumentó la participación del frijol en calorías y proteínas. En total, los tres granos aportaron en 2013 el 41% de la energía, el 47% de la proteína y el 19% de las grasas de la dieta de los guatemaltecos, lo cual representa una alta dependencia nutricional de estos productos.

Los impactos de sequías recientes en la región han sido cuantificados. La sequía de 2014 afectó la producción de la primera temporada de granos básicos, principalmente maíz y frijol. En el Corredor Seco Centroamericano (CSC) se acumularon 27 días consecutivos y un total de 45 días sin lluvia entre julio y agosto (FEWS NET, 2015a; Morel, 2014; Banco Mundial, 2014). La sequía ocurrió precisamente en las fases más críticas del desarrollo de los cultivos, cuando su necesidad de agua es mayor (FEWS NET, 2014). Más de 236.000 familias guatemaltecas experimentaron inseguridad alimentaria (Banco Mundial, 2014). La sequía afectó al 70% del territorio y al 54% más pobre de la población. Se perdió hasta el 75% de las cosechas de maíz y frijol, y murieron miles de cabezas de ganado. Los efectos fueron mayores en el oriente del país, en los departamentos de Jutiapa, Zacapa, Chiquimula, El Progreso y Jalapa. Hacia octubre de 2014 se reportó que 30.000 familias habían agotado sus reservas de alimentos, lo cual intensificó la emergencia (UN News Centre, 2014).

GRÁFICO IV.24
GUATEMALA: PRODUCCIÓN NETA, IMPORTACIONES, EXPORTACIONES
Y CONSUMO APARENTE DE GRANOS BÁSICOS, 1980 Y 2015
 (En miles de toneladas)



Fuente: SIAGRO-CEPALSTAT, 2016.

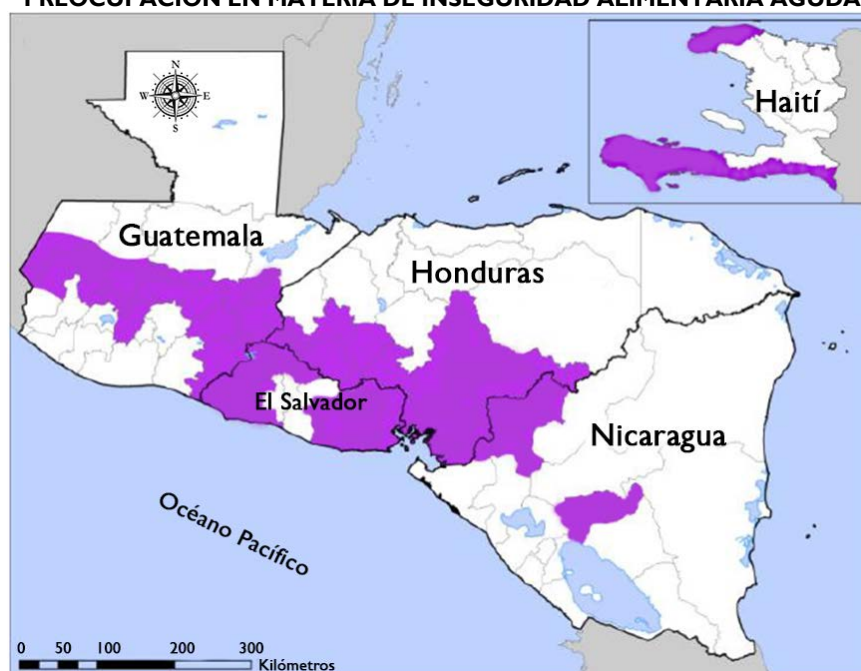
CUADRO IV.11
GUATEMALA: PROPORCIÓN PROMEDIO QUE APORTAN LOS GRANOS BÁSICOS AL SUMINISTRO DE
ENERGÍA, PROTEÍNA Y GRASAS DE LOS ALIMENTOS, 2000 Y 2013
(En porcentajes)

Elemento	Maíz	Frijol	Arroz	Total
2000				
Energía	39	3	2	44
Proteína	40	8	2	50
Grasa	23	1	0	24
2013				
Energía	34	5	2	41
Proteína	34	11	2	47
Grasa	18	1	0	19

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

El 2015 fue el segundo año consecutivo de sequía severa asociada con El Niño. Se estima que las zonas afectadas de Guatemala perdieron alrededor del 80% de los cultivos de la primera temporada, incluyendo 55.000 t de maíz y 11.500 t de frijol, lo que afectó a más de 170.000 familias, aproximadamente 900.000 personas que se quedaron sin reservas de alimentos (FAO, 2015; Reuters, 2015). La región de Guatemala más afectada por la sequía fue el Altiplano Occidental; los departamentos más preocupantes fueron San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango, Guatemala, Jalapa, Chiquimula y Jutiapa (véase el mapa IV.13) (FEWS NET, 2015c).

MAPA IV.13
GUATEMALA, EL SALVADOR, HONDURAS, NICARAGUA Y HAITÍ: ÁREAS DE PRINCIPAL
PREOCUPACIÓN EN MATERIA DE INSEGURIDAD ALIMENTARIA AGUDA



Fuente: FEWS NET, 2015a).

Nota: En 2015 FEWS NET estimó que, en ausencia de ayuda de emergencia, hasta 1,5 millones de personas en Haití y dos millones de personas en Guatemala, Honduras, El Salvador y Nicaragua habrían estado en crisis alimentaria en marzo de 2016.

G. ASEGURAMIENTO DEL SECTOR AGROPECUARIO

Los eventos naturales extremos son cada vez más frecuentes y afectan directamente y cada vez más al sector agropecuario, lo que exige adoptar medidas para prevenir y mitigar riesgos. En tal virtud, el aseguramiento agrícola adquiere gran relevancia. La caracterización del riesgo supone evaluar las amenazas en su interacción con la vulnerabilidad, que es resultado de los procesos y trayectorias económicas y sociales de un país, región o localidad. Los seguros y microseguros agropecuarios son de uso individual y/o colectivo, y forman parte de las estrategias de prevención de riesgos agropecuarios (CEPAL y CAC/SICA, 2015).

Los eventos hidrometeorológicos provocan grandes daños humanos y materiales en las sociedades. Los gobiernos deben gastar grandes sumas de dinero en las emergencias y en las reconstrucciones subsiguientes. En situaciones así, los microseguros agropecuarios tienen la virtud de garantizar recursos financieros a los pequeños y medianos productores en forma expedita y en condiciones de flexibilidad. De esta manera, estos instrumentos, podrían sustituir algunos gastos directos que realizan los gobiernos dedicados a la reconstrucción por medidas que ayuden a prevenir los riesgos de desastres.

El sector agropecuario guatemalteco es uno de los más grandes de Centroamérica por el valor de su producción. Los relativamente altos rendimientos de varios cultivos, en su mayoría no tradicionales, representan un buen precedente y la base para impulsar estrategias en torno a instrumentos de aseguramiento. Una estrategia sostenible de seguros agropecuarios con pequeños y medianos productores requiere mayor actividad económica, mayor productividad y producción de granos básicos y mayor ingreso de los productores.

La observación permanente de las variables y los riesgos climáticos es vital para garantizar la implementación de instrumentos de aseguramiento agropecuario. El déficit y el exceso de lluvia son las variables con mayor incidencia en los rendimientos y son también las que pueden ser atendidas con seguros basados en índices climáticos. En este apartado se presenta el contexto económico y social de las actividades productivas de los pequeños productores y del monitoreo y la evaluación de los riesgos climáticos. Se presentan también los esquemas de aseguramiento y las principales lecciones de las iniciativas de seguros agropecuarios propuestas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación (MAGA) de Guatemala.

La mayoría de las actividades agropecuarias de Guatemala se realizan bajo el régimen de secano, de modo que el monitoreo de las variables climáticas para prever los resultados y rendimientos de la producción es indispensable. El cambio climático y la mayor variabilidad climática se erigen en una amenaza potencial para la producción agropecuaria.

El índice de riesgo climático global de German Watch, que califica a 183 países según su grado de exposición al impacto de eventos extremos, clasifica a Guatemala en el onceavo país entre los más afectados en el período 1997 y 2016, es decir, en una situación de alto riesgo. Esta situación está relacionada tanto con la frecuencia e intensidad de las amenazas hidrometeorológicas como con las condiciones de fragilidad socioeconómica y baja resiliencia de las instituciones públicas y privadas y de la población en condición de pobreza (véase el cuadro IV.12).

CUADRO IV.12
GUATEMALA: ÍNDICE DE RIESGOS CLIMÁTICOS DE GERMAN WATCH, 1997-2016
(Clasificación)^a

Año	Posición
2007	52
2008	34
2009	53
2010	2
2011	9
2012	76
2013	44
2014	40
2015	31
2016	81
1997-2016	11

Fuente: Kreft y otros, 2017.

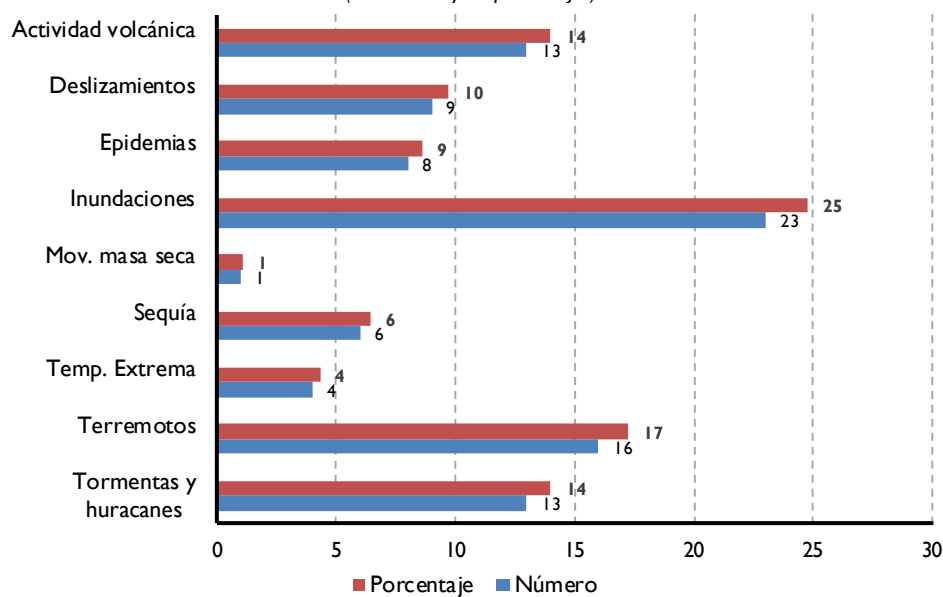
^a Menor posición equivale a mayor riesgo climático.

La mayoría de los eventos extremos que han golpeado a Guatemala son de origen climático. Según la EMDAT de la Universidad de Lovaina, el 59% de los eventos registrados en el período 1900-2015 fueron climáticos (tormentas y huracanes, deslizamientos de tierra, inundaciones, sequías y temperaturas extremas). El total de daños provocados solo por eventos climáticos representa el 72% (véase el gráfico IV.25). En dinero, el total de las pérdidas monetarias ascienden a 4.421 millones de dólares.

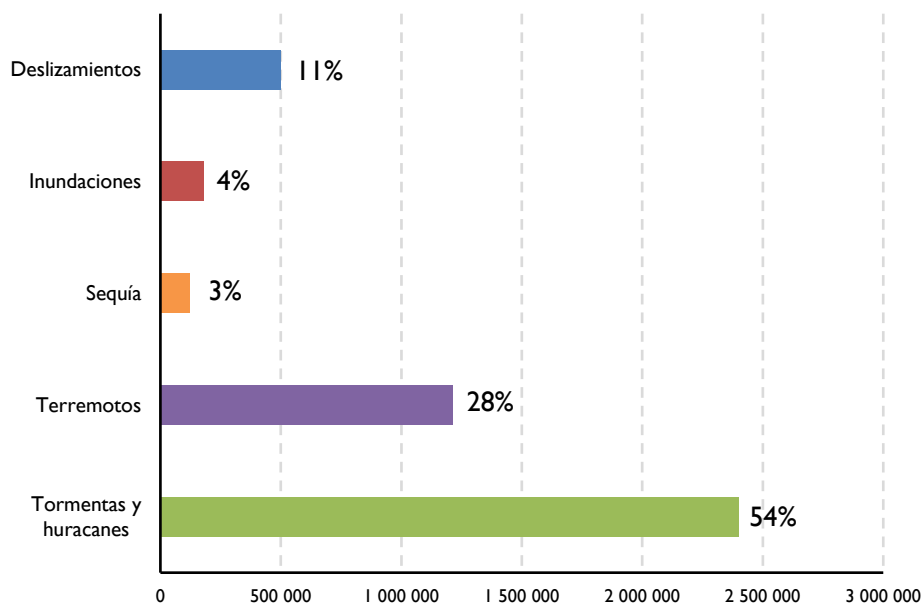
La Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala (SESAN), el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), la FAO, el PMA, la Red de Sistemas de Alerta Temprana contra la Hambruna (FEWSNET), el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y el MAGA son las instituciones responsables de emitir reportes y ejecutar acciones ante los eventos climáticos que afectan la actividad agropecuaria y la seguridad alimentaria de Guatemala. Juntos conforman el sistema de Monitoreo de Cultivos (SMC). En el cuadro IV.13 se presenta un resumen del impacto registrado en Guatemala por la ocurrencia de eventos climatológicos de 2009 a 2014, con datos del Banco Mundial (2013), actualizados con información de las Naciones Unidas.

En 2009 el evento meteorológico El Niño causó daños totales por 14.670.000 dólares y afectó a 73.080 familias. En octubre de 2011 una inundación alcanzó los departamentos de Santa Rosa, Sololá e Izabal, causando daños por 62.000.000 dólares y afectando a 628.753 familias; ha sido el evento más catastrófico en este sentido. En 2014 una canícula en el Corredor Seco Centroamericano, sin lluvia por 45 días, afectó a 236.000 familias y provocó la mayor pérdida en cultivos, valuada en 58.900.000 dólares. La asistencia humanitaria solicitada en aquel momento por el Gobierno de Guatemala y los organismos internacionales ascendió a 66.600.000 dólares. Solo en granos básicos se estimó una pérdida de 60 millones de dólares.

GRÁFICO IV.25
GUATEMALA: FRECUENCIA Y DAÑOS DE PRINCIPALES EVENTOS DE DESASTRES, 1900-2015
(En número y en porcentajes)



Daños
(En miles de dólares y en tasas de participación)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de la EMDAT, CRED (2015).

CUADRO IV.13
GUATEMALA: IMPACTO REGISTRADO DEBIDO A EVENTOS CLIMÁTICOS, 2009-2014

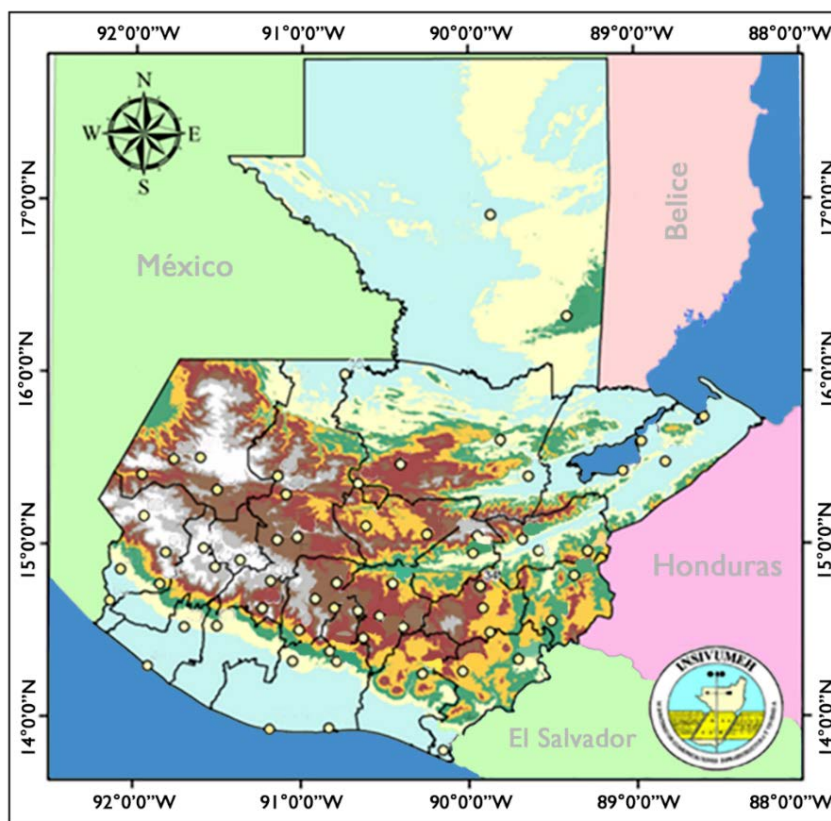
Año	Eventos	Departamentos afectados	Daños totales (en millones de dólares)	Pérdidas en cultivos (en millones de dólares)	Número de familias afectadas
2008 (octubre)	Depresión tropical I6E	El Petén			
2009	El Niño	El Progreso, Zacapa, Jalapa, Chiquimula, Jutiapa, Suchitepéquez, Retalhuleu		14,67	73 080
2010 (mayo)	Tormenta tropical Agatha		650		102 639
2010 (junio)	Tormenta tropical Alex	Sololá, Retalhuleu, El Petén			210 000
2011 (octubre)	Inundación	Santa Rosa, Sololá, Izabal		62	528 753
2011 (diciembre)	Temperaturas extremas				2 643
2012	Anomalía de precipitación	Corredor seco		1,03	53 227
2014	Canícula prolongada	Corredor seco	64,6	58,9	236 000

Fuente: Banco Mundial, 2013, y United Nations News Center, 2014.

Guatemala cuenta con dos fuentes de información principales de monitoreo del clima:

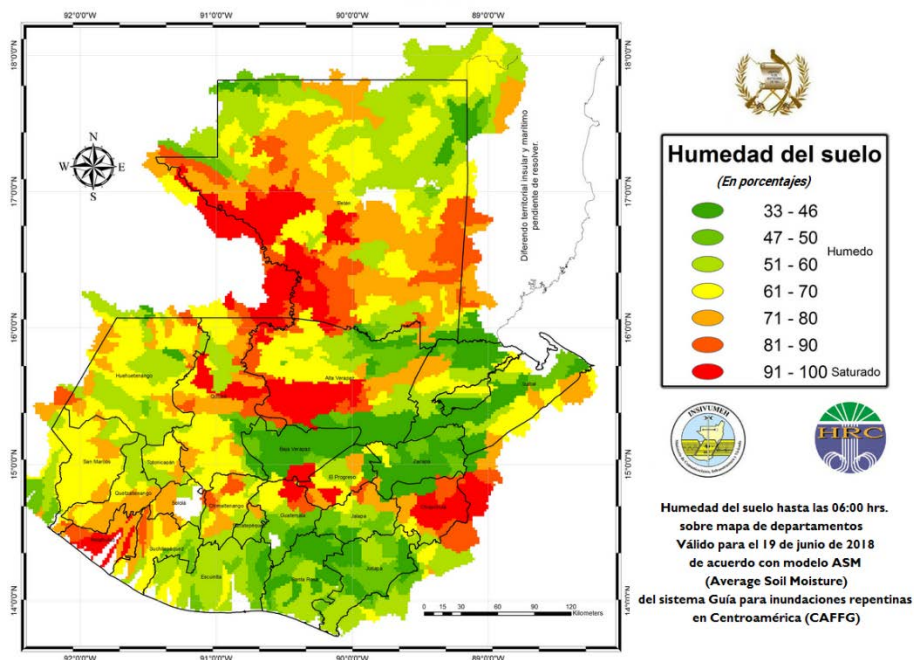
- El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH) hace un análisis meteorológico mensual con una descripción de la precipitación diaria durante el mes reportado. También tiene información sobre la variación de la presión atmosférica y mapas de lluvia acumulada por meses. El reporte finaliza con una perspectiva climática para el mes siguiente y adelanta pronósticos de lluvia, temperatura y viento. El instituto cuenta con una red de 60 estaciones meteorológicas diseminadas en el territorio para la medición de precipitación, temperatura, humedad, evapotranspiración, relámpagos y viento (véase el mapa IV.14).
- El Departamento de investigación y servicios hidrológicos de Guatemala genera un mapa diario de humedad del suelo basado en el sistema para inundaciones repentinas en Centroamérica (véase el mapa IV.15). Esta información es importante para monitorear el grado de humedad por zonas geográficas utilizando los seguros agropecuarios basados en índices climáticos.

MAPA IV.14
GUATEMALA: RED METEOROLÓGICA NACIONAL DE ESTACIONES CONVENCIONALES ACTIVAS, 2012



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala (INSIVUMEH), 2017.

MAPA IV.15
GUATEMALA: HUMEDAD DEL SUELO, 2018



Fuente: Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala. Actualización diaria (véase: <<http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/humedad.jpg>>).

H. SITUACIÓN DE LOS SEGUROS AGROPECUARIOS

Los seguros y microseguros agropecuarios son regulados por la Ley de Actividad Aseguradora (Decreto Legislativo N° 25-2010), que estipula la constitución, organización, fusión, actividades, operaciones, funcionamiento, suspensión de operaciones y liquidación de las aseguradoras y reaseguradoras. No hace referencia a los seguros agropecuarios, pero sí los supervisa. Sus disposiciones son consistentes con los requerimientos para el funcionamiento de los seguros agropecuarios, en particular los datos basados en índices climáticos (CEPAL y CAC/SICA, 2013b).

Solo la compañía G&T ofrece seguros agropecuarios con apoyo de una reaseguradora, PROAGRO de México. El perfil de los asegurados corresponde al de grandes productores agropecuarios de banano, palma africana, hortalizas y azúcar, entre otros. En el cuadro IV.14 se presentan los montos de las primas netas retenidas del mercado de seguros agropecuarios. Se observa que su penetración entre los productores es incipiente. En 2012 el monto total ascendió a 601.000 dólares, cantidad que pasó a 516.000 dólares en 2014.

CUADRO IV.14
GUATEMALA: PRIMAS NETAS RETENIDAS DEL
MERCADO DE SEGUROS AGROPECUARIOS
(En miles de dólares)

Año	Monto
2011	519
2012	601
2013	526
2014	516

Fuente: Superintendencia de Bancos de Guatemala.

La iniciativa Fideicomiso de Desarrollo Rural GuateInvierte ha tenido repercusión en ámbitos locales. Sus objetivos para los productores son fortalecer el acceso a créditos para el área rural y reducir los riesgos de producción a través de los seguros agropecuarios. La política de apoyo al desarrollo del mercado de aseguramiento otorga subsidios a las primas de seguros por medio del Programa DaCrédito que se canalizan por las aseguradoras nacionales. En los últimos nueve años se han generado 6.703 pólizas por un total de 7.806.944 dólares en respaldo de un capital de 87.087.738 dólares (véase el cuadro IV.15).

CUADRO IV.15
GUATEMALA: SEGUROS CANALIZADOS A TRAVÉS DE GUATEINVIERTE
(En números y en dólares)

Año	Total de pólizas	Primas	Suma asegurada	Siniestros
2006	550	531 328	15 960 883	192 860
2007	972	1 039 408	14 175 437	168 303
2008	1 452	1 283 094	14 361 623	298 785
2009	612	602 381	6 537 907	50 397
2010	457	806 214	8 582 042	178 837
2011	506	959 636	8 358 040	287 196
2012	636	1 087 549	9 102 772	281 948
2013	739	626 767	10 009 031	487 169
2014	779	870 561	8 549 699	
Total	6 703	7 806 944	87 087 738	1 945 498

Fuente: MAGA.

A pesar de las limitaciones de mercado, el aseguramiento agropecuario recibió un estímulo en 2015 debido a la implementación del Programa de Expansión de Microseguro Catastrófico en Centroamérica (CADME), apoyado por el Fondo Multilateral de Inversiones del BID. También participan en él la Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Mercy Corp., Instituto de Crédito para la Reconstrucción de Alemania (KfW). El objetivo del programa es brindar acceso a herramientas eficaces de gestión de riesgos de eventos catastróficos.

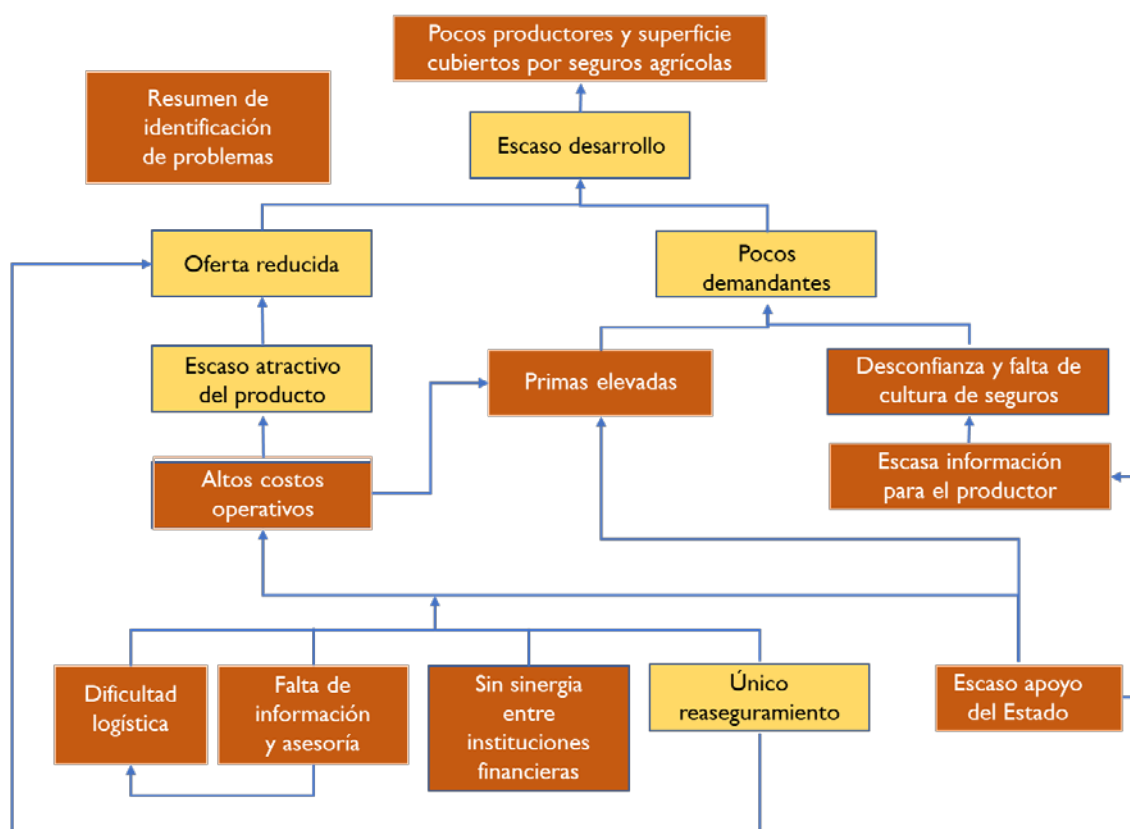
A esta iniciativa se suma la de la CEPAL para impulsar el componente de seguros agropecuarios de un proyecto de cadenas de valor y política industrial rural, financiado por el Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIDA). Respecto de Guatemala, esta iniciativa de la CEPAL se propone hacer un análisis de factibilidad legal, institucional y operativa de un organismo público-privado responsable del desarrollo sostenido de los seguros agropecuarios, principalmente los orientados a pequeños y medianos productores.

I. SEGURO INDEXADO CONTRA SEQUÍAS

El Gobierno de Guatemala solicitó al Banco Mundial una propuesta de seguro indexado contra sequías a nivel macro para la seguridad alimentaria de la población en extrema pobreza. Así, el objetivo del seguro indexado contra sequías a nivel macro es brindar pagos oportunos al Gobierno de Guatemala en caso de una sequía, para que brinde asistencia a la población rural más vulnerable cuya seguridad alimentaria se vería afectada (Banco Mundial, 2013; CEPAL y CAC/SICA, 2015).

El estudio del BM retomó el análisis de la Unidad Regional de Asistencia Técnica de Centroamérica (RUTA) sobre los problemas que han impedido desarrollar el mercado de seguros agropecuarios en Guatemala. El diagnóstico parte de las dificultades logísticas, falta de información, asesoría y ausencia de sinergia entre las instituciones financieras privadas. Por otra parte, se identificó un escaso apoyo del Estado, todo lo cual conduce a elevados costos operativos y primas altas. La insuficiente información del productor se traduce en desconfianza apoyada en una escasa cultura de aseguramiento. Primas altas significan pocos demandantes. La existencia de una sola reaseguradora no es aliciente para las aseguradoras. La combinación de los problemas de oferta y demanda se traduce en un magro desarrollo del mercado de los seguros agropecuarios (véase el diagrama IV.1). Los seguros agropecuarios son instrumentos de prevención y mitigación de riesgos *ex ante*, a diferencia de los instrumentos *ex post*, que son respuestas a emergencias con dificultades para sostenerse en el largo plazo y propensión al riesgo moral.

DIAGRAMA IV.1
GUATEMALA: PROBLEMÁTICA DE LOS SEGUROS AGROPECUARIOS



Fuente: Banco Mundial, 2013.

El diseño de un seguro indexado requiere identificar el evento a asegurar y su relación con sequías pasadas. Los valores en la temperatura del Océano Pacífico, cuando se presenta un evento ENOS, son para el diseño de un contrato de seguro indizado. En el marco del proyecto del BID, que finalizó en 2012, emergieron diversas limitaciones técnicas y operativas en las grillas¹⁷. Con la información de las estaciones meteorológicas del INSIVUMEH se logró diseñar un índice subyacente para la operación de un contrato de seguros con base en índices. Con la información de 26 estaciones meteorológicas se corrigieron valores anómalos de algunas de ellas.

Se elaboró un índice de precipitaciones estandarizadas (IPE) para cada mes y cada estación, restando el promedio histórico del mes y dividiéndolo entre la desviación estándar. Se definió un umbral disparador y un umbral de salida; el primero indica la existencia de un déficit de precipitación severo que incidiría en la seguridad alimentaria de la población más pobre; el segundo indica un déficit muy extremo. Los valores se definieron sobre la base del IPE: -1,5 para el umbral disparador y -2,0 para el umbral de salida. Ambos umbrales deben ser acordados por el gobierno y las aseguradoras.

La suma asegurada total anual (SATA) se estableció en 637 millones de quetzales (equivalentes a 81 millones de dólares). Esta suma surgió del cálculo de los costos de alimentación de una familia tipo por un mes ante un evento de sequía. Se estimó un costo de 400 quetzales (50,9 dólares) por persona y un promedio de cinco personas por familia, lo que da un total de 2.000 quetzales (254,5 dólares). Considerando el tamaño de la población rural en pobreza extrema, 1,59 millones de habitantes, da una SATA de 637 millones de quetzales (81 millones de dólares). De ampliarse el

¹⁷ El término grillas se refiere a segmentos geográficos para los cuales se cuenta con información específica sobre el clima.

período de cobertura a los cuatro meses que dura la escasez de alimentos, la SATA ascendería a 2.548 millones de quetzales, equivalentes a 324 millones de dólares (Banco Mundial, 2013).

Más específicamente, se fijó una SATA a cada unidad asegurada (estación meteorológica) teniendo en cuenta el área de influencia de la estación en cada departamento con base en los polígonos y la población asignada a cada polígono. El pago total está en función de los pagos por unidades aseguradas. La tasa de prima pura se determinó como el promedio de los pagos hipotéticos que se habrían hecho si la cobertura hubiera estado vigente (Banco Mundial, 2013). La tasa de prima técnica se calculó adicionando a la tasa de prima pura un porcentaje de la desviación estándar de los pagos hipotéticos. La tasa de la prima comercial es la tasa de prima técnica más los porcentajes de gastos administrativos y operativos y la rentabilidad esperada del asegurador.

En el seguro diseñado por el Banco Mundial (Banco Mundial, 2013) se definió la tasa de prima comercial indicativa estimada en 8,26%. La siniestralidad histórica promedio (ratio de pago de siniestros a prima comercial) fue del 72,6%, con un máximo de 276% en 2001. Por cada dólar que el Gobierno de Guatemala hubiera pagado por concepto de prima, habría recibido en promedio 0,726 dólares como pago de siniestros. La pérdida máxima probable del seguro de índice a nivel macro basado en el IPE habría sido del 35,43% de la SATA para un evento con recurrencia de uno en 100 años. Los resultados del seguro se resumen en el cuadro IV.16.

CUADRO IV.16
GUATEMALA: RESULTADOS DEL SEGURO AGROPECUARIO DE ÍNDICE CONTRA SEQUÍAS, NIVEL MACRO
(En número de habitantes, en millones de dólares y en porcentajes)

Área incluida	Potenciales beneficiarios (N° de habitantes)	Período de asistencia alimentaria	Suma total asegurada anual (en millones de dólares)	Prima comercial indicativa		Pérdida máxima probable	
				SATA (en porcentajes)	En millones de dólares	SATA (en porcentajes)	En millones de dólares
Todo el país	1 592 288	1 mes	81,0	8,3	6,7	35,4	28,7
		4 meses	324,1		26,8		114,8
Piloto I: Alta Verapaz, Baja Verapaz, Chiquimula, Huehuetenango, Quiché, Totonicapán y Zacapa	887 321	1 mes	45,2	8,3	3,7	38,1	17,2
		4 meses	180,6		15,0		68,9

Fuente: Banco Mundial, 2013.

Nota: Tipo de cambio (cuentas nacionales) 2013: Q\$ 7.86 por un dólar.

En el diagrama IV.2 se muestra el esquema ofrecido por un *pool* de aseguradoras, válido también para un *pool* de coaseguro. Asimismo, pueden identificarse las instituciones involucradas como el MAGA, la Superintendencia de Bancos, las reaseguradoras internacionales, el INSIVUMEH y FEWS NET.

- Destinar recursos de los seguros a reducir vulnerabilidades para reducir los costos de los impactos de los eventos climatológicos. En países con altos niveles de pobreza los gobiernos deberán adquirir los seguros y distribuir sus beneficios en caso de contingencias.
- Garantizar la sostenibilidad financiera de las aseguradoras públicas por medio del subsidio de algunos gastos. Los costos pueden ser cubiertos por fondos de contingencias nacionales e internacionales.
- Enfocar los subsidios parciales y totales en los pequeños productores.
- Vigilar la sostenibilidad a largo plazo del sector asegurador en bien de la seguridad económica del usuario final. Considerar en todo momento el riesgo asumido por las aseguradoras.
- Considerar la asociación de empresas aseguradoras para reducir costos de información y administrativos.
- Proteger al consumidor de los seguros.
- Compartir los resultados de las estrategias de aseguramiento con organismos internacionales.

Desarrollo del negocio de aseguramiento:

- Integrar el conocimiento de las preferencias y experiencias de los asegurados para determinar la factibilidad de los seguros y proponer mejores alternativas.
- Incentivar la confianza de los productores mediante capacitación en la gestión de seguros.
- Estimular la creación de aseguradoras públicas dedicadas a pequeños y medianos productores que podrían no ser atractivos para aseguradoras privadas.
- Considerar especialmente el tamaño del área a asegurar, encontrando el punto de equilibrio entre productor y aseguradora.

Fuente: CEPAL y CAC/SICA (2013b; 2015).

En resumen, algunas acciones para asegurar la adaptación de la producción de granos básicos a los retos del cambio climático en Guatemala incluyen ampliar las redes de productores, aumentar los servicios de innovación, difundir opciones de adaptación sostenible, cambiar las prácticas de cultivo, certificar los fertilizantes apropiados, controlar la humedad y la retención del suelo, incrementar la infraestructura para almacenar y manejar más eficientemente los recursos hídricos, los tiempos de siembra y la postcosecha.

Igualmente se recomienda recuperar y rehabilitar tierras degradadas, promover su manejo sostenible con tecnologías apropiadas, especialmente en las áreas secas, impulsar prácticas sostenibles de producción diversificada, incluyendo la agroforestería y los sistemas agrosilvopecuarios y fortalecer los conocimientos y las prácticas agrícolas en sistemas de producción sostenibles y rentables. Es importante incluir en las acciones de reducción de pérdidas y desechos de los productos la protección del suelo, el reciclaje de “desechos”, el desarrollo y la utilización de variedades y modos de producción resistentes a la variabilidad climática y la combinación de cultivos para diversificar riesgos.

En el sector cafetalero se recomienda la renovación y adaptación del sector, lo que incluye el uso de datos climáticos, la diversificación de la producción y de los ingresos, planes de emergencia contra la roya, el desarrollo de propuestas integrales de servicios productivos y sociales, de incentivos económicos y fiscales, así como mayor inversión en infraestructura rural, fortalecer el sistema de certificación y de negociaciones comerciales y mayor acceso a financiamiento. Entre las estrategias se podrían promover nuevos mecanismos de desarrollo y de divulgación de conocimientos e

innovaciones, el fomento de la organización de productores y su mayor vinculación en redes con investigadores y técnicos de las instituciones públicas y la utilización de tecnologías de comunicación e información como telefonía móvil, mensajes radiofónicos y redes sociales.

Se deben considerar diversas estrategias para las fincas productivas, incluyendo políticas públicas orientadas a la reducción de los riesgos, principalmente de origen climático. Los seguros agropecuarios forman parte de tales estrategias. En Guatemala, el monto total de las primas de seguros agropecuarios ha tenido un comportamiento heterogéneo: aumentó de 531.328 dólares en 2006 a 1.283.094 dólares a 2008 y descendió a 870.561 dólares en 2014. Las sumas aseguradas pasaron de aproximadamente 16 millones de dólares en 2006 a aproximadamente 8,5 millones de dólares en 2014 (CEPAL y CAC/SICA, 2015). El uso de los seguros y microseguros agropecuarios sigue siendo insuficiente, a pesar de los esfuerzos realizados a través de diversos proyectos.

Para que Guatemala desarrolle el negocio del aseguramiento es necesario integrar el conocimiento de las preferencias y experiencias de los asegurados a fin de determinar la factibilidad de los seguros y ofrecer alternativas adecuadas, incentivar la confianza de los productores mediante su capacitación en la gestión de seguros, estimular la creación de una aseguradora pública enfocada a pequeños y medianos productores que por su nivel de ingreso pueden no ser atractivos para aseguradoras privadas, fomentar la utilización de información agroclimática y la aplicación de índices climáticos en el negocio asegurador, y considerar especialmente el tamaño del área a asegurar, buscando el equilibrio entre productor y asegurador.

V. IMPACTOS POTENCIALES EN ECOSISTEMAS

Los bosques y ecosistemas de Centroamérica albergan alrededor del 7% de la biodiversidad del planeta (INBio, 2004) y forman parte de la zona megadiversa de Mesoamérica (Ramírez, 1983). Sin embargo, esta riqueza ecológica se está degradando por patrones de aprovechamiento insostenibles y será aún más afectada por el cambio climático. La población de la región, relativamente joven y con diversidad cultural, étnica, lingüística y de estilos de vida, es un tesoro que requiere mayor reconocimiento e inversión para revalorar y desarrollar sus capacidades de respuesta (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID Y DANIDA, 2011).

Al modificar patrones de precipitación, incrementar la temperatura y ocasionar eventos extremos de más intensidad y frecuencia, el cambio climático viene a potenciar las amenazas ya existentes contra la biodiversidad. La iniciativa de la ECC CA desarrolló dos enfoques para analizar los impactos del cambio climático en la biodiversidad: el índice de biodiversidad potencial (IBP) y las zonas de vida de Holdridge (ZVH) (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID Y DANIDA, 2011; y CEPAL, CCAD/SICA, UKAID Y DANIDA, 2012d).

En 2005, el 45% del territorio de Centroamérica estaba cubierto por ecosistemas muy diversos. Las áreas más ricas en biodiversidad y biomasa son los bosques tropicales, favorecidos por su ubicación geográfica, donde la energía del sol ecuatorial hace proliferar la vida en medio de abundantes nutrientes. Por desgracia, estos ecosistemas son muy frágiles. La evidencia disponible indica que la influencia de las actividades humanas sobre ellos ha modificado o está modificando su disponibilidad, estructura y comportamiento sistémico (Millenium Ecosystem Assessment, 2005). Se estima que entre 2000 y 2010, 13 millones de hectáreas de bosque fueron convertidas cada año a otros usos o se perdieron por causas naturales en el mundo (FAO, 2010). No todos los bosques afectados han desaparecido por completo. Muchos han sido fraccionados por carreteras y el desarrollo humano, cambios que amenazan la salud y la supervivencia de plantas y animales.

Las actividades que presionan con más fuerza la biodiversidad son la deforestación, la contaminación de agua y suelo y la sobreexplotación de especies silvestres, así como las actividades económicas. La deforestación y la degradación del suelo, por ejemplo, están asociadas a la extensión de la agricultura, la explotación de madera, la construcción de caminos, los asentamientos urbanos, la ganadería, la explotación de leña y el turismo.

La literatura especializada ha identificado posibles impactos del cambio climático en los ecosistemas: cambios en los patrones de evaporación y alteración de la cobertura nubosa a nivel de la vegetación. En los ecosistemas de montaña hay perturbaciones como disminución de los pisos tropical y montano y aumento del piso premontano, aparición de bosque tropical muy seco y de bosque seco premontano. Podrían ocurrir también pérdidas de hábitat por la mayor incidencia de incendios forestales, sequías, inundaciones y cambios en los sedimentos del suelo en tierras bajas, donde pueden propagarse especies invasoras y vectores de enfermedades.

El estudio *Estado actual y futuro de la biodiversidad en Centroamérica* fue elaborado por el Programa estratégico de monitoreo y evaluación de la biodiversidad de la CCAD, radicado en la

Escuela Agrícola Panamericana Zamorano de Honduras (PROMEBIO, 2010). Su modelación está basada en la metodología GLOBIO3 (modelo global de biodiversidad), desarrollada por la Agencia de Evaluación Ambiental de los Países Bajos y el PNUMA. Considera los siguientes factores: usos de suelo, infraestructura, fragmentación de áreas naturales, cambio climático y deposición de nitrógeno. El análisis genera un indicador de la Abundancia Media de Especies (MSA en inglés), que mide la abundancia remanente de la abundancia original. Para Centroamérica, este índice arroja pérdidas por un 52% y un remanente del 48% de la abundancia media de especies de la región. Dentro de los factores del índice MSA que contribuyen a la pérdida de biodiversidad, el cambio climático aporta el 2,5%, frente a la contribución del cambio de uso de tierra (CUT), que aporta el 34%. En los escenarios para 2030, el MSA cae entre 43% y 41% en tres escenarios de desarrollo. La contribución del cambio climático aumentó en los tres casos aproximadamente un 4%.

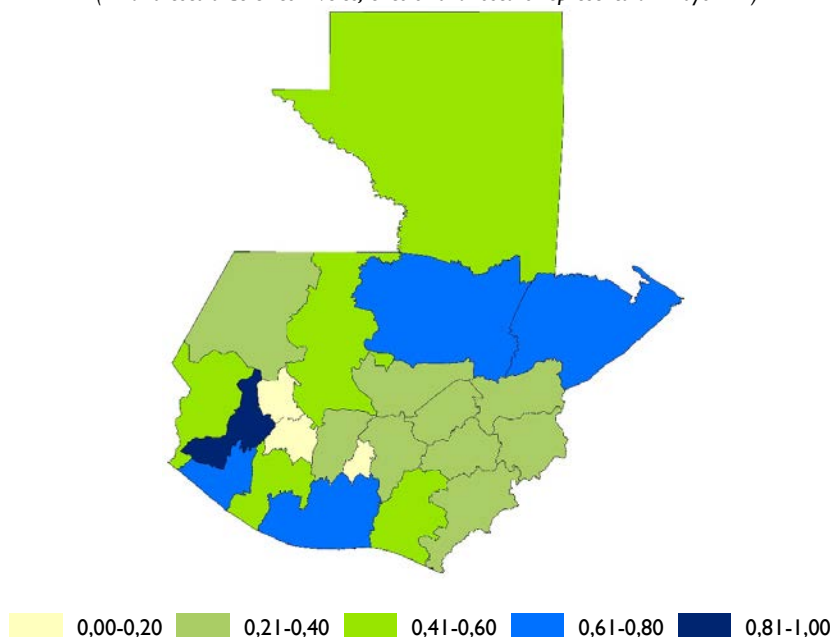
A. ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL (IBP)

Los estudios basados en el registro de especies tienen que estimar el total de especies existentes, pues no todas han sido identificadas. Considerando los estudios previos basados en el método de riqueza de especies en Centroamérica, la iniciativa ECC CA optó por otro enfoque, usando un índice de biodiversidad potencial (IBP). El IBP no mide la biodiversidad en sí, sino que conjuga variables climáticas y territoriales para obtener la mayor probabilidad de encontrar más biodiversidad. Las variables incluidas en el índice son superficie total, superficie en ecosistemas diferentes a los urbanos y agropecuarios, latitud, curvas de nivel, temperatura, precipitación y disponibilidad de agua. En el IBP, un mayor número de curvas de nivel en un territorio determinado indica la probabilidad de mayor número de ecosistemas. A temperaturas más altas, mayor actividad biológica. Así lo muestra la mayor biodiversidad y concentración de selvas a lo largo del ecuador, cuyas latitudes tienen mayores probabilidades de albergar más especies.

Para su aplicación en Centroamérica, el IBP fue realizado con información georreferenciada del Sistema de Información Geográfica Ambiental Mesoamericano. Para las variables curvas de nivel, latitud y superficie total se usó información de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD y Banco Mundial, 2010); para las variables de precipitación histórica promedio y temperatura histórica promedio se utilizó información del modelo HADCM3/HADGEM1. Para el uso de suelo, superficie con ecosistemas no alterados de 2005 (excluyendo superficies agrícolas, urbana y pastizales) se tomó la información en los escenarios de cambio de uso de tierra. En suma, para formular el índice se normalizaron y se agregaron las variables. Cabe señalar que el índice es relativo a una región; en este caso comprende toda la región de Centroamérica. Los valores obtenidos para Guatemala podrían modificarse si se construyera un índice específico para el país. Los valores no representan magnitudes exactas, se deben interpretar como valores de referencia y de orden de los departamentos donde se podría encontrar más biodiversidad.

Los resultados del IBP de Guatemala en 2005 se presentan en el mapa V.1. Los departamentos con un IBP mayor son Quetzaltenango, Alta Verapaz, Izabal, Retalhuleu, y Escuintla, que además se relacionan con aquellos que tienen mayor precipitación. Los departamentos donde se podría encontrar menos biodiversidad son Totonicapán, Sacatepéquez y Sololá del Altiplano Occidental. Es importante recordar que el IBP aquí usado es relativo a toda la región centroamericana, pero el orden de los resultados es relevante para Guatemala.

MAPA V.1
GUATEMALA: ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL, 2005
 (En una escala de cinco niveles, el color azul oscuro representa un mayor IBP)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Para analizar los impactos del cambio climático con el IBP se realizó una estimación de sección cruzada con datos de variables climáticas a nivel departamental en toda Centroamérica¹⁸. Se asume una función de daño con forma de u inversa, lo cual indica incrementos de temperatura y precipitación que podrían tener efectos positivos en la biodiversidad, pero que en cierto punto se tornarían adversos; el coeficiente de uso de suelo tiene impacto positivo. Sin embargo, si se mantiene constante la proporción de ecosistemas no alterados, el índice potencial sin cambio climático no debería cambiar.

La mayoría de los impactos del cambio climático sobre la biodiversidad son negativos y tienden a intensificar las tendencias actuales de destrucción de los ecosistemas (IPCC, 2007a). Los estimados de las respuestas de la biodiversidad al cambio climático presentan un alto grado de incertidumbre y son imposibles de predecir con precisión actualmente (Hannah y otros, 2002). Estas estimaciones son indicativas de posibles resultados. Las proyecciones se hicieron en el escenario base, que considera la tendencia actual del cambio de uso de la tierra (CUT) mientras mantiene constantes las variables climáticas, y en los escenarios B2 y A2 con cambios en CUT y en precipitación y temperatura.

Los pronósticos del IBP para Guatemala se presentan en el cuadro V.1. Se puede observar que se espera una disminución constante de la biodiversidad a causa de la actividad humana. El porcentaje de reducción en el escenario base sería del 16,18% para 2030 y del 21,14% para 2100. En B2 se proyecta una reducción del 21,51% en 2030 y del 36,32% para 2100, es decir, un 15,18% más que en el escenario base. En el escenario más pesimista (A2), el IBP disminuiría un tercio para 2030 y más del doble que en B2 en 2100, con una pérdida de biodiversidad del 74,51%, es decir, un 53,4% más que la pérdida del escenario base.

¹⁸ La explicación del modelo se encuentra en CEPAL, CCAD/SICA, UKAID Y DANIDA (2011).

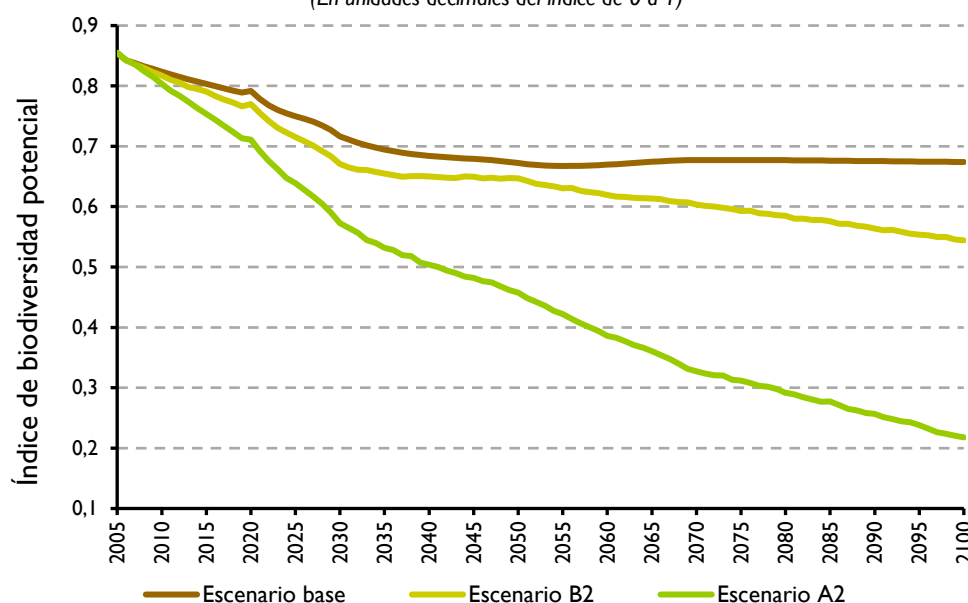
CUADRO V.1
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL,
ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2005 A 2100
(En porcentajes de reducción)

	2020	2030	2050	2070	2100
Base	7,35	16,18	21,35	20,77	21,14
Escenario B2	9,93	21,51	24,33	29,43	36,32
Escenario A2	16,79	32,98	46,46	61,70	74,51

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La reducción del IBP en Guatemala se puede observar también en el gráfico V.1, donde se aprecia la tendencia del índice a la baja en el escenario base hasta 2030 y después se mantendría cercano a 0,67 hasta 2100. La reducción sería mucho mayor en los escenarios de cambio climático, principalmente en A2, que implicaría una pérdida constante y considerable de biodiversidad en todo el período estimado.

GRÁFICO V.1
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL,
ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2005-2100
(En unidades decimales del índice de 0 a 1)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Los valores y las reducciones proyectadas para finales de siglo en los diversos escenarios del IBP por departamentos se presentan en el cuadro V.2. Se puede observar que todos los departamentos experimentarían reducción en todos los escenarios. El departamento con más unidades de IBP para 2005 fue Quetzaltenango con 0,84, y una reducción del 10% en el escenario base para 2100. En el escenario B2, la reducción será del 22%, y en A2 podría llegar al 39%.

La mayor reducción del IBP en el escenario B2 podría presentarse en Zacapa con 67,2%, en Jalapa con 58,4% y en Totonicapán con 50,3%. En el escenario A2, las reducciones podrían ser mayores dejando el índice en cero en Jalapa, El Progreso, Chiquimula, Guatemala y Zacapa. Alta Verapaz y Quetzaltenango son los departamentos que proyectan la menor reducción en A2 con 39%. En los mapas V.2, V.3 y V.4 se presenta la evolución del IBP por departamentos en los escenarios base y de cambio climático para finales de siglo y con cortes. Se observa que no todos los departamentos tienen tendencia decreciente en todo momento, lo que resulta de la interacción de las variables climáticas. Por ejemplo, El IBP de El Petén puede aumentar su valor en 2020 y disminuirlo a partir de mediados de

siglo en el escenario base. Con solo el impacto de CUT la zona más afectada sería el Altiplano Occidental y los departamentos cercanos al Atlántico mantendrían el IBP más alto. En el escenario A2 las zonas más afectadas serían desde el noroccidente en altiplano hasta el sur oriente en el Pacífico.

CUADRO V.2
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL,
ESCENARIO BASE, B2 Y A2 POR DEPARTAMENTOS A 2100

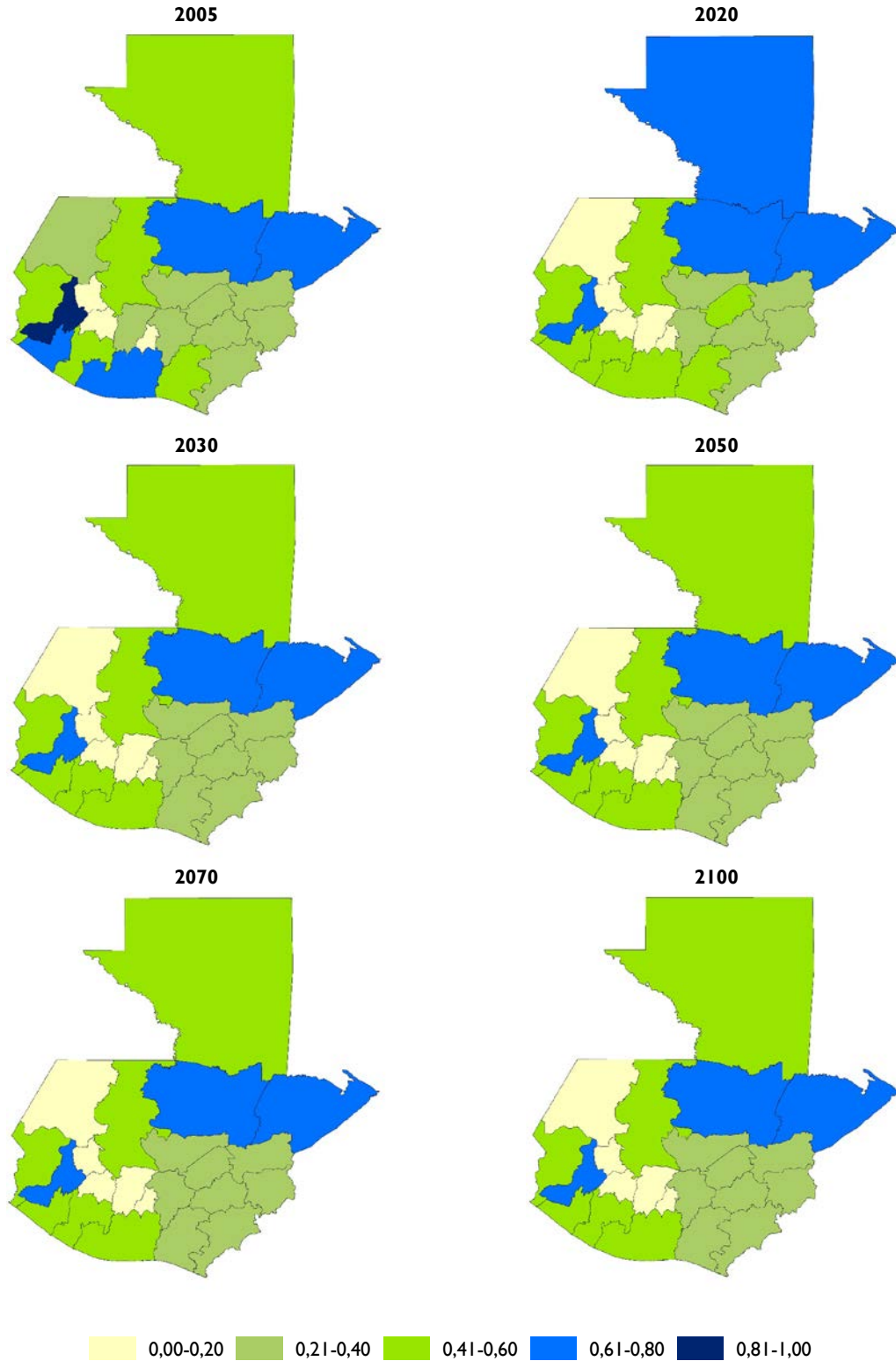
(En unidades del Índice y variaciones porcentuales)

Departamento	Escenarios a 2100			
	Índice de biodiversidad potencial 2005	Base (en porcentajes)	B2 (en porcentajes)	A2 (en porcentajes)
Alta Verapaz	0,79	-16,02	-25,03	-39,17
Baja Verapaz	0,34	-15,92	-32,65	-96,47
Chimaltenango	0,22	-26,85	-40,64	-84,45
Chiquimula	0,35	-26,52	-47,98	-100,00
El Progreso	0,40	-29,36	-48,19	-100,00
Escuintla	0,64	-12,80	-37,18	-74,94
Guatemala	0,28	-25,61	-45,06	-100,00
Huehuetenango	0,21	-26,29	-37,89	-75,88
Izabal	0,78	-16,44	-30,74	-52,25
Jalapa (San Pedro Pinula)	0,39	-38,87	-58,47	-100,00
Jutiapa (San José Acatempa)	0,30	-31,99	-47,45	-81,93
Petén	0,59	-10,75	-28,64	-41,86
Quetzaltenango (Génova)	0,84	-10,23	-22,09	-39,30
Quiché	0,53	-18,64	-30,09	-62,86
Retalhuleu (San Sebastián)	0,66	-18,80	-30,05	-48,15
Sacatepéquez (Santiago Sacatepéquez)	0,10	-15,58	-30,80	-84,65
San Marcos	0,53	-14,09	-22,29	-42,14
Santa Rosa	0,49	-21,67	-39,20	-79,01
Sololá	0,15	-20,60	-31,87	-62,14
Suchitepéquez	0,58	-6,44	-22,42	-47,68
Totonicapán	0,10	-37,42	-50,31	-98,69
Zacapa	0,35	-34,17	-67,17	-100,00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

MAPA V.2
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL,
2005 Y ESCENARIO BASE CON CORTES A 2100

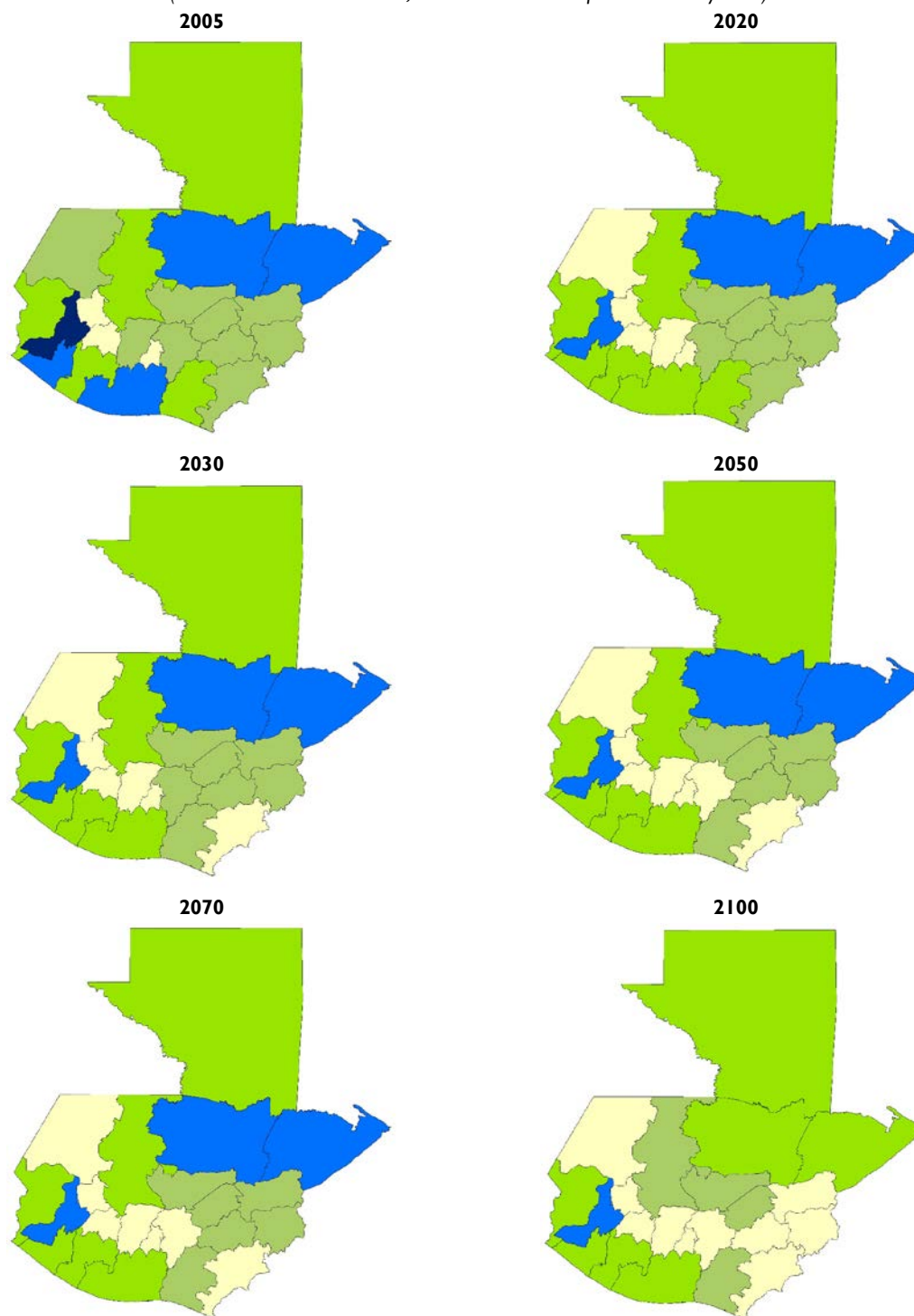
(En una escala de cinco niveles, el color azul oscuro representa un mayor IBP)



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

MAPA V.3
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL,
2005 Y ESCENARIO B2 CON CORTES A 2100

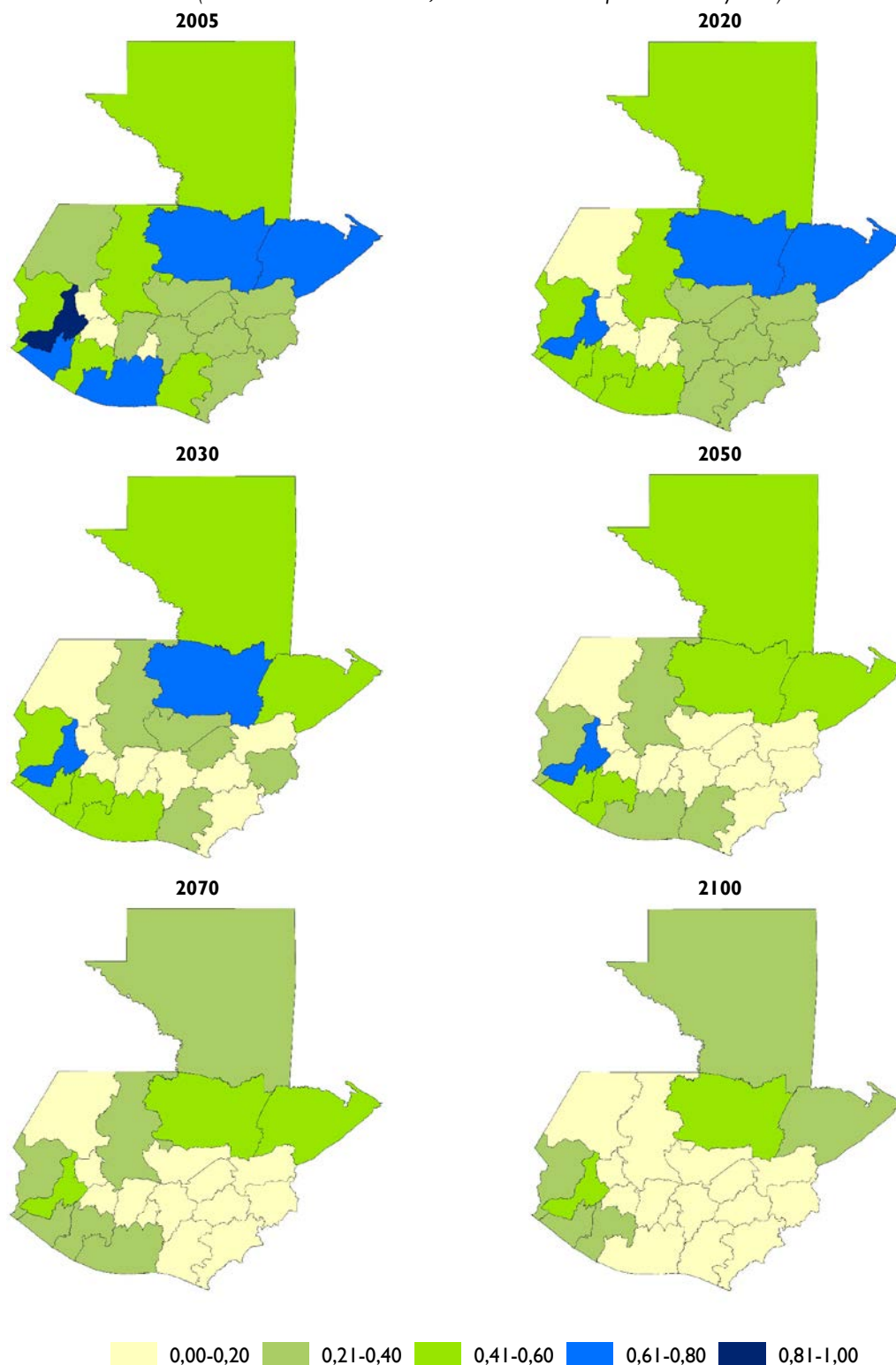
(En una escala de cinco niveles, el color azul oscuro representa un mayor IBP)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

MAPA V.4
GUATEMALA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL,
2005 Y ESCENARIO A2 CON CORTES A 2100

(En una escala de cinco niveles, el color azul oscuro representa un mayor IBP)



Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Para la valoración económica de la biodiversidad se realizaron dos análisis; primero, una valoración directa con valores de mercado de los bienes y servicios provistos por la biodiversidad; segundo, una valoración indirecta de los mismos bienes y servicios con la función de producción agrícola. La valoración directa consistió en asignar valores de mercado a los siguientes bienes y servicios que pueden asociarse directamente a la biodiversidad:

- Agricultura: enfocada en prácticas amigables con la biodiversidad como producción orgánica.
- Silvicultura: enfocada en manejo sustentable como madera certificada.
- Productos no maderables: uso comercial de especies silvestres como plantas y flores ornamentales, frutos, hierbas, especies, hongos, miel, corcho, resinas, paja, ratán, bambú y otros. Productos derivados de plantas y animales de uso medicinal, cosmético, culinario, cultural y otros.
- Bioprospección: investigación y exploración selectiva de la diversidad biológica para identificar recursos genéticos y bioquímicos real o potencialmente valiosos desde el punto de vista comercial, lo que es considerado un valor de opción de la biodiversidad (Loa y otros, 1996).
- Ecoturismo: esparcimiento responsable que conserve áreas naturales y mejore el bienestar de la población local.
- Pago por servicios ambientales (PSA) y esquemas de manejo compensatorio de ecosistemas: atribución de valor a los servicios ambientales y fijación de precios y sistemas de retribución de prácticas sostenibles. En Guatemala existen diversos fondos nacionales para biodiversidad y áreas naturales protegidas, y se cuenta con el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR), que facilitó la plantación y cuidado de 62.200 ha de plantaciones forestales (entre 1997 y 2007) en tierras que antes no tenían cobertura forestal.

Con base en la información de cuentas nacionales y mercados formales se calculó el valor agregado de los servicios de la biodiversidad. Los valores de mercado encontrados se asocian directamente al IBP, de modo que las pérdidas económicas esperadas del cambio climático estén en función de la disminución del IBP. Los valores de mercado para Guatemala se presentan en el cuadro V.3. Se observa que el valor estimado de los servicios de la biodiversidad aportaría 29.620.000 dólares anuales. La actividad con mayor aporte sería la producción agrícola orgánica, con 10.210.000 dólares; la segunda es pagos por servicios ambientales. Se encontró que el ecoturismo haría una aportación muy baja, solo 590.000 dólares anuales.

CUADRO V.3
GUATEMALA: ESTIMADO DE VALORES DIRECTOS REGISTRADOS
DE LOS SERVICIOS DE LA BIODIVERSIDAD

(En millones de dólares a precios del 2000)

Ecoturismo	Animales vivos	Productos animales	Producción forestal certificada (sostenible)	Producción agrícola orgánica	Producción no maderable	Pagos por servicios ambientales	Total
0,59	0,05	0,05	5,93	10,21	6,20	6,57	29,62

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La valoración indirecta de la biodiversidad se realizó con una función de producción agrícola, incluyendo las variables del IBP para considerar la contribución de la biodiversidad a la producción que implica la dispersión de semillas, la polinización y la regulación de plagas, entre otros. Una función de producción que incluya la biodiversidad como factor productivo permitiría estimar su contribución marginal a la producción y así estimar el precio sombra de los servicios ecosistémicos.

Con base en la valoración de la biodiversidad se estimaron los costos asociados al impacto sobre el IBP según los cambios de temperatura y precipitación de los escenarios de cambio climático para 2100 a valor presente neto (VPN), con diferentes tasas de descuento. Los resultados de los costos como porcentajes del PIB se resumen en el cuadro V.4, donde se puede observar que los costos indirectos en la agricultura son mayores que los directos, por lo que es necesario considerarlos de manera conjunta. En B2, considerando una tasa de descuento del 8%, se podría incurrir en costos totales del 0,29% del PIB y en A2 equivaldrían al 0,46%. Pero con una tasa de descuento del 2% se llegaría a costos del 4,3% y el 7,19% en B2 y A2, respectivamente. Con una tasa de descuento del 0,5% se tienen costos estimados del 11,41% del PIB en el escenario B2 y del 19,25% en A2.

CUADRO V.4
GUATEMALA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
EN LA BIODIVERSIDAD CON COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS, 2100
(En porcentajes del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento	Costos directos		Costos indirectos		Costos totales	
	Escenario B2	Escenario A2	Escenario B2	Escenario A2	Escenario B2	Escenario A2
0,5%	0,49	1,43	10,93	17,82	11,41	19,25
2%	0,21	0,64	4,09	6,55	4,30	7,19
4%	0,09	0,27	1,32	2,06	1,41	2,33
8%	0,03	0,08	0,26	0,38	0,29	0,46

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

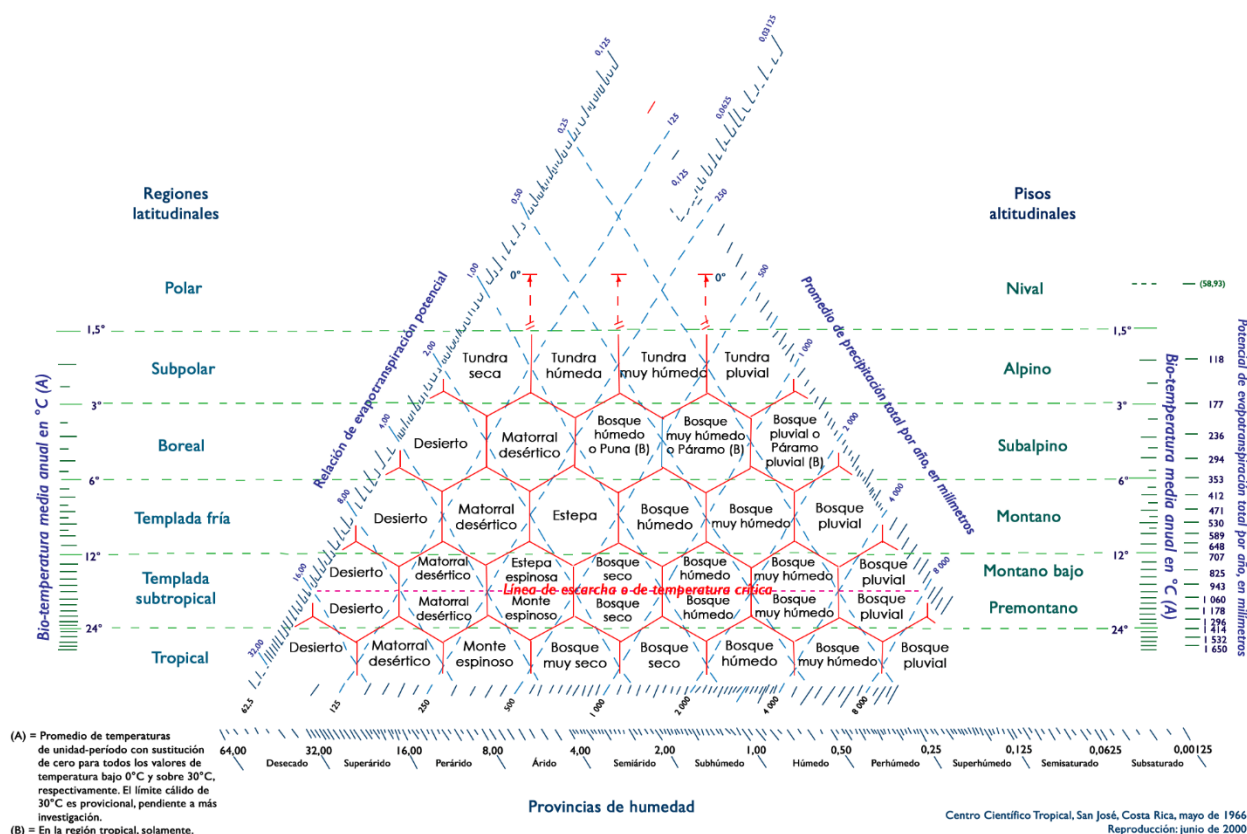
B. ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE

Otro análisis de la iniciativa ECC CA sobre los impactos del cambio climático en la biodiversidad de los ecosistemas de Centroamérica es el realizado con el método zonas de vida de Holdridge (ZVH), que describe los ecosistemas en relación con las condiciones climáticas (Holdridge y otros, 1970). Una ZVH es un conjunto de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, según sus condiciones edáficas y etapas de sucesión, con fisonomía similar en cualquier parte del mundo (véase el diagrama V.1).

Tales asociaciones definen un ámbito de condiciones ambientales que, junto con los seres vivientes, forman un conjunto único de fisonomía vegetal y actividad animal. Se pueden identificar muchas combinaciones, pero las asociaciones se agrupan en cuatro clases básicas: climáticas, edáficas, atmosféricas e hídricas. La clasificación ZVH proporciona una base lógica para definir los ecosistemas locales en un marco comparable. Para especificar las condiciones de clima del año base, 2005, se utilizaron los datos de WorldClim (Hijmans y otros, 2005) correspondientes al promedio mensual de precipitación y temperatura del período 1950 a 2000.

La vida de las plantas es sensible a factores ambientales como temperatura, precipitación y cambios de clima, de modo que los bosques y las tierras forestales del mundo han cambiado a lo largo de las eras con el clima y la geología. Los bosques se clasifican en varios tipos, entre ellos los de zonas templadas y los de zonas tropicales. No todos los bosques tropicales se localizan en el trópico (algunos se localizan en climas fríos) aunque todos están en el ecuador, donde temperatura y luz se mantienen constantes a lo largo del año. Los bosques pluviales tropicales crecen donde la lluvia se distribuye uniformemente durante el año; en las zonas con niveles de precipitación variable y una estación seca pronunciada, crecen los bosques húmedos tropicales, mientras que en las zonas menos húmedas crecen los bosques secos y las sabanas.

DIAGRAMA V.1
ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE



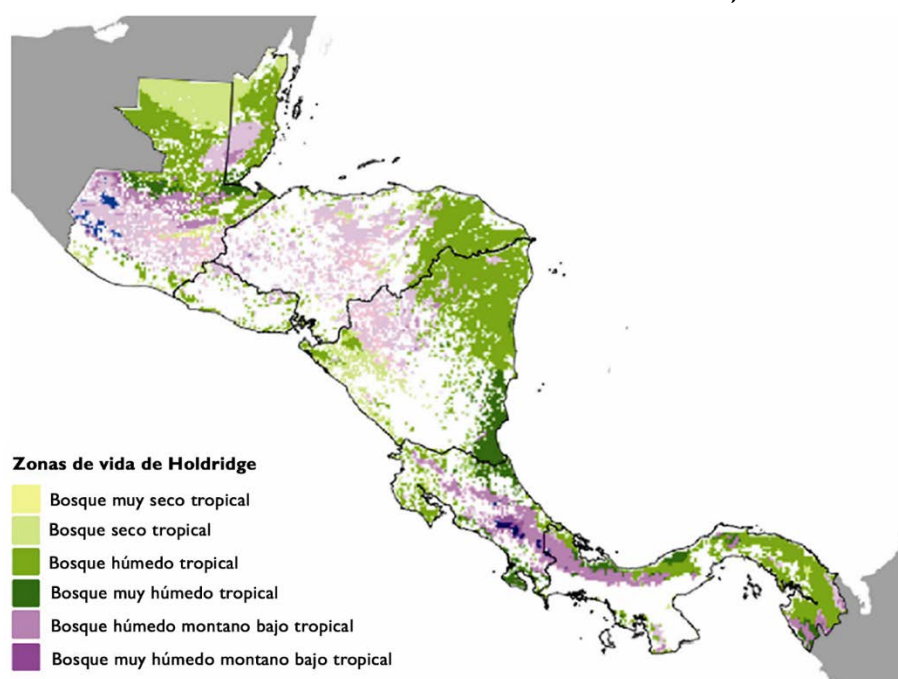
Fuente: Holdridge y otros, 2000.

Las ZVH de Centroamérica son muy similares; son bosques tropicales diferenciados por su altitud y nivel de humedad. El bosque más extendido en la región es el bosque húmedo tropical con 12.591.300 ha. En el mapa V.5 se puede observar que en la zona norte de Guatemala predomina el bosque seco tropical; colindando al sur crece el bosque húmedo tropical; en la parte norte del centro del país hay una franja de bosque muy húmedo tropical y bosque muy húmedo montano bajo tropical; en toda la región centro del país predomina el bosque húmedo montano bajo tropical; en la zona sur reaparece el bosque húmedo tropical.

La estimación de la superficie de las ZVH agrupa los usos de tierra en tres categorías: cobertura natural (bosques, pastizales naturales, manglares, humedales y páramos), uso agropecuario (pastos cultivados y cultivos de general) y suelos desnudos (zonas con escasa vegetación y zonas urbanas). Las demandas de uso de tierra se calcularon a partir de los mapas de cobertura disponibles (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d).

En el cuadro V.5 se muestra la clasificación y extensión de las ZVH de Guatemala: 7.760.800 ha de bosque, de las que el 30,18% es bosque húmedo tropical (2.342.300 ha); le sigue el bosque húmedo montano bajo tropical con 24,51% (1.902.300 ha). La menor superficie de ZVH es la del bosque pluvial tropical con el 0,17% (13.200 ha) y el bosque húmedo montano tropical con el 0,38% (29.900 ha).

MAPA V.5
CENTROAMÉRICA: ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005



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

CUADRO V.5
GUATEMALA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE
(En miles de hectáreas)

Zona de vida	2005	% del total
Bosque muy seco tropical	38,9	0,50
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-
Bosque seco tropical	1 710,1	22,03
Bosque seco montano bajo tropical	343,0	4,41
Bosque húmedo tropical	2 342,3	30,18
Bosque húmedo montano bajo tropical	1 902,3	24,51
Bosque húmedo montano tropical	29,9	0,38
Bosque muy húmedo tropical	455,1	5,86
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	770,4	9,92
Bosque muy húmedo montano tropical	155,6	2,00
Bosque pluvial tropical	13,2	0,17
Bosque pluvial montano bajo tropical	-	-
Total	7 760,8	100,00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

Los cambios de clima pueden provocar el desplazamiento de zonas de vida y ecosistemas. La capacidad adaptativa de los ecosistemas también está asociada a la capacidad de migración de las especies, y esta última depende de la configuración del paisaje. En este sentido, “la fragmentación del paisaje puede reducir la capacidad de migración, modificando las tasas de dispersión de semillas o reduciendo los hábitats adecuados para una colonización exitosa” (Locatelli e Imbach, 2010).

Una vez calculadas las superficies de las ZVH se realizó una simulación de los impactos del cambio climático sobre la simulación del escenario base con CUT a 2100. En la simulación del escenario base, los niveles de temperatura y precipitación de 2005 se consideran constantes. Después se estimaron los escenarios con cambio climático. En los escenarios de demandas futuras se aplicó un promedio de tres de los cuatro escenarios futuros de CUT de GEO4, que cubren hasta 2050 (PNUMA, 2007). Más tarde, se hizo una extrapolación de 2050 a 2100 con el modelo *International Futures* (IFs, por sus siglas

en inglés) (Hughes, 2008). En la segunda etapa se realizó la distribución geográfica de las demandas en función de factores explicativos de localización de los usos de suelo. Para realizar este modelaje georreferenciado se aplicó el modelo CLUE-S (Verburg y otros, 2002).

En el cuadro V.6 se muestra el resultado obtenido para la superficie de las ZVH en los escenarios base y de cambio climático, todos con CUT. Dos consideraciones: a) la superficie de cobertura natural disminuye con el tiempo aun en el escenario base (sin cambio climático) por aumentos de uso agropecuario y de suelos desnudos; b) los resultados de cambio climático del escenario base son una transición de unas ZVH a otras, más que una pérdida.

CUADRO V.6
GUATEMALA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, BASE 2005,
CON CAMBIO DE USO DE TIERRA Y ESCENARIOS A 2100
(En miles de hectáreas)

Zona de vida	2005	Con CUT	Con CUT y B2	Con CUT y A2
Bosque muy seco tropical	38,9	6,3	-	143,3
Bosque muy seco montano bajo tropical	-	-	-	13,4
Bosque seco tropical	1 710,1	1 420,9	97,1	2 543,3
Bosque seco montano bajo tropical	343,0	107,7	-	344,5
Bosque húmedo tropical	2 342,3	1 321,9	3 073,1	923,3
Bosque húmedo montano bajo tropical	1 902,3	833,3	365,5	323,5
Bosque húmedo montano tropical	29,9	10,6	-	-
Bosque muy húmedo tropical	455,1	238,8	446,2	26,1
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	770,4	409,3	395,1	15,2
Bosque muy húmedo montano tropical	155,6	35,2	-	-
Bosque pluvial tropical	13,2	1,7	-	-
Bosque pluvial montano bajo tropical	-	-	-	44,7
Total	7 760,8	4 385,6	4 377,0	4 377,4

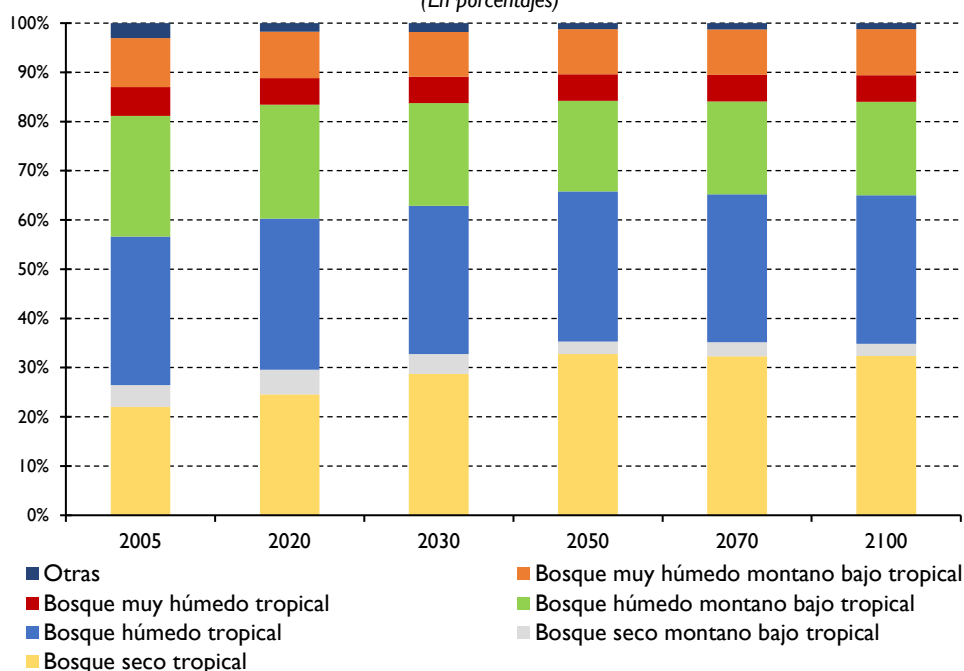
Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

La disminución de la cobertura natural de Guatemala en el escenario base se estima en 3.375.188 ha, equivalentes al 43% de la superficie boscosa total, que refleja el impacto de las actividades humanas en los ecosistemas. En 2005, el bosque húmedo tropical poblaba la mayor parte de la cobertura natural. En el escenario base, para 2100 podría disminuir a 1.321.906 ha, una reducción del 44%; el bosque seco tropical podría disminuir 17% (véase el cuadro V.6).

Además de estas tendencias a la disminución, las proporciones cambiarían en este escenario. Ya para 2030 la superficie de bosque seco tropical pararía de 22% a 29% frente a la disminución del bosque húmedo montano bajo tropical que disminuiría de 25% a 21%. Para 2100 la proporción de estas ZVH serían de 32% y 19% respectivamente. En general se observaría una disminución paulatina de los bosques húmedos y muy húmedos y el aumento del bosque seco tropical (véase el gráfico V.2).

De acuerdo con los escenarios de cambio climático, se podría presentar una transición de zonas de bosque húmedo tropical a bosque seco y muy seco tropical (véase el cuadro V.6). En el escenario B2 aumentaría el bosque húmedo tropical, pero disminuiría el bosque húmedo montano bajo tropical y casi desaparecería el bosque seco tropical. Desaparecerían el bosque muy húmedo montano tropical, el pluvial tropical, el húmedo montano tropical y el pluvial tropical. En el escenario A2 aumentarían el bosque seco tropical y el muy seco tropical. Disminuirían el bosque húmedo tropical (a menos de la mitad) y el húmedo montano bajo tropical, que son las ZVH con mayor cobertura en 2005. Desaparecerían el bosque húmedo montano tropical y el pluvial tropical.

GRÁFICO V.2
GUATEMALA: PROPORCIÓN DE LA SUPERFICIE POR ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE
ESCENARIO BASE DE CUT CON CORTES A 2100
 (En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

La evolución de las ZVH en los escenarios base, B2 y A2 con sus cortes de tiempo se ilustran en el gráfico V.3. En el escenario base sin cambio climático la superficie de ZVH se mantendría disminuyendo hasta 2050 como consecuencia de la actividad humana, pero la superficie de bosque seco tropical podría conservarse. Se proyecta que las actividades agrícolas y el uso de suelo urbano tendrían impacto sobre los bosques húmedos. A partir de 2050, se proyecta estabilidad del total de la superficie de bosques hasta 2100.

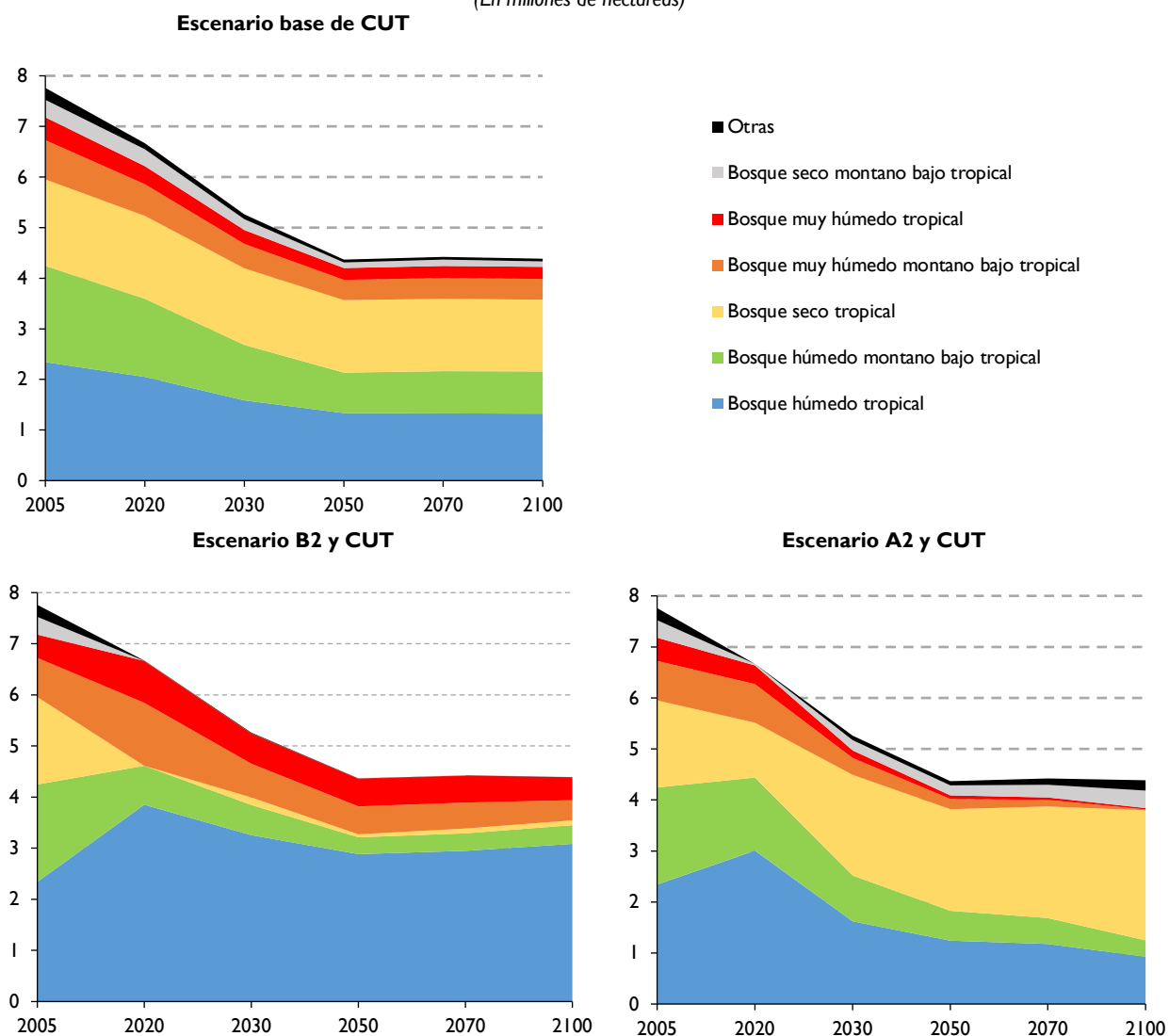
En B2 destaca la posible disminución del bosque seco tropical (hasta casi desaparecer) y del húmedo montano bajo tropical, así como el aumento del bosque húmedo tropical. En A2 el panorama resulta más negativo para los bosques húmedos, ya que la disminución de la superficie de zonas de vida húmedas sería mayor. El bosque muy húmedo montano bajo tropical y el bosque muy húmedo tropical, ambos con enorme biodiversidad, podrían desaparecer. El bosque seco tropical podría aumentar desde 2030.

Las proporciones de las superficies de ZVH por escenario se muestran en el gráfico 5.4. En B2 a 2030 la mayoría de la superficie con ecosistemas sería bosque húmedo tropical (62,0%), mientras que bajo A2 la superficie preponderante sería la del bosque seco tropical (38%). Estas mismas ZVH predominarían también hacia fines de siglo, 70% y 58%, respectivamente. Los cambios para las principales ZVH en Guatemala que podrían ocurrir en los tres escenarios se presentan en el gráfico V.5 y se sintetizan a continuación:

- El bosque seco tropical disminuiría prácticamente hasta casi su desaparición para 2020 en el escenario B2, pero en A2 aumentaría hacia finales de siglo. Con solo CUT disminuiría ligeramente, manteniéndose por arriba de las 1,4 millón de hectáreas.
- El bosque seco montano bajo tropical disminuiría en el escenario base, B2 y A2 hacia 2020, pero en A2 se recuperaría y se mantendría creciendo hasta 2100.

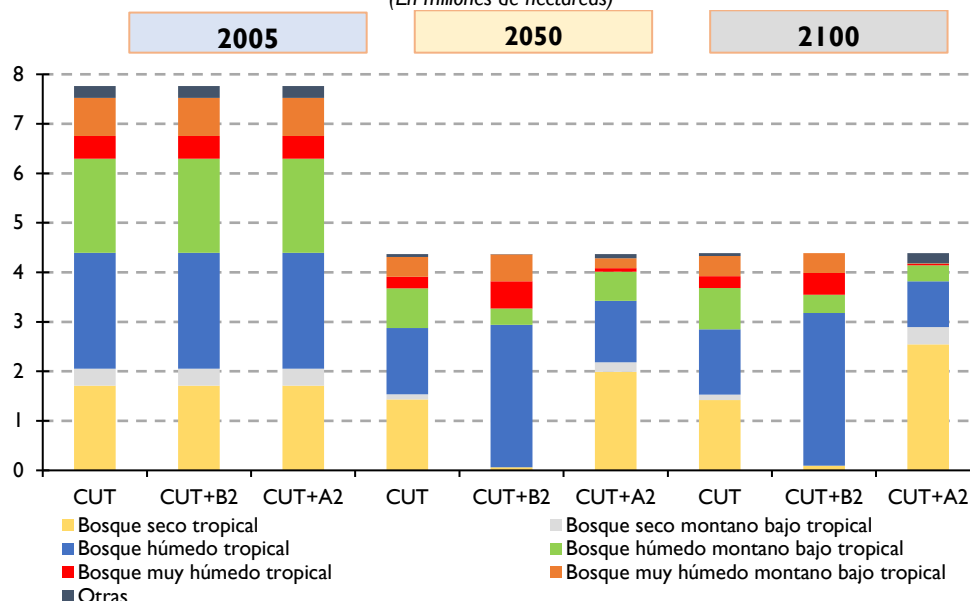
- El bosque húmedo tropical en el escenario A2 disminuiría desde 2020 hasta finales de siglo, mientras que en B2 aumentaría a 2020 y después disminuiría, pero se mantendría en niveles superiores al 2005.
- El bosque húmedo montano bajo tropical disminuiría a más de la mitad en los tres escenarios para 2100, de una forma más acelerada en B2.
- El bosque muy húmedo tropical aumentaría casi el doble en 2020 en el escenario B2, y después comenzaría a disminuir hasta quedar en 2100 prácticamente como en 2005. En A2, esta ZVH disminuiría casi hasta desaparecer.
- El bosque muy húmedo montano bajo tropical tendría un repunte hacia 2020 en B2 y después comenzaría a disminuir. En A2 disminuiría desde 2030 hasta casi desaparecer.

GRÁFICO V.3
GUATEMALA: SUPERFICIE DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE,
ESCENARIOS BASE DE CUT, B2 Y CUT, Y A2 Y CUT, 2005 A 2100
 (En millones de hectáreas)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

GRÁFICO V.4
GUATEMALA: SUPERFICIE DE ZONA DE VIDA DE HOLDRIDGE, 2005
Y ESCENARIOS BASE DE CUT, B2 Y CUT, Y A2 Y CUT, 2050 Y 2100
 (En millones de hectáreas)



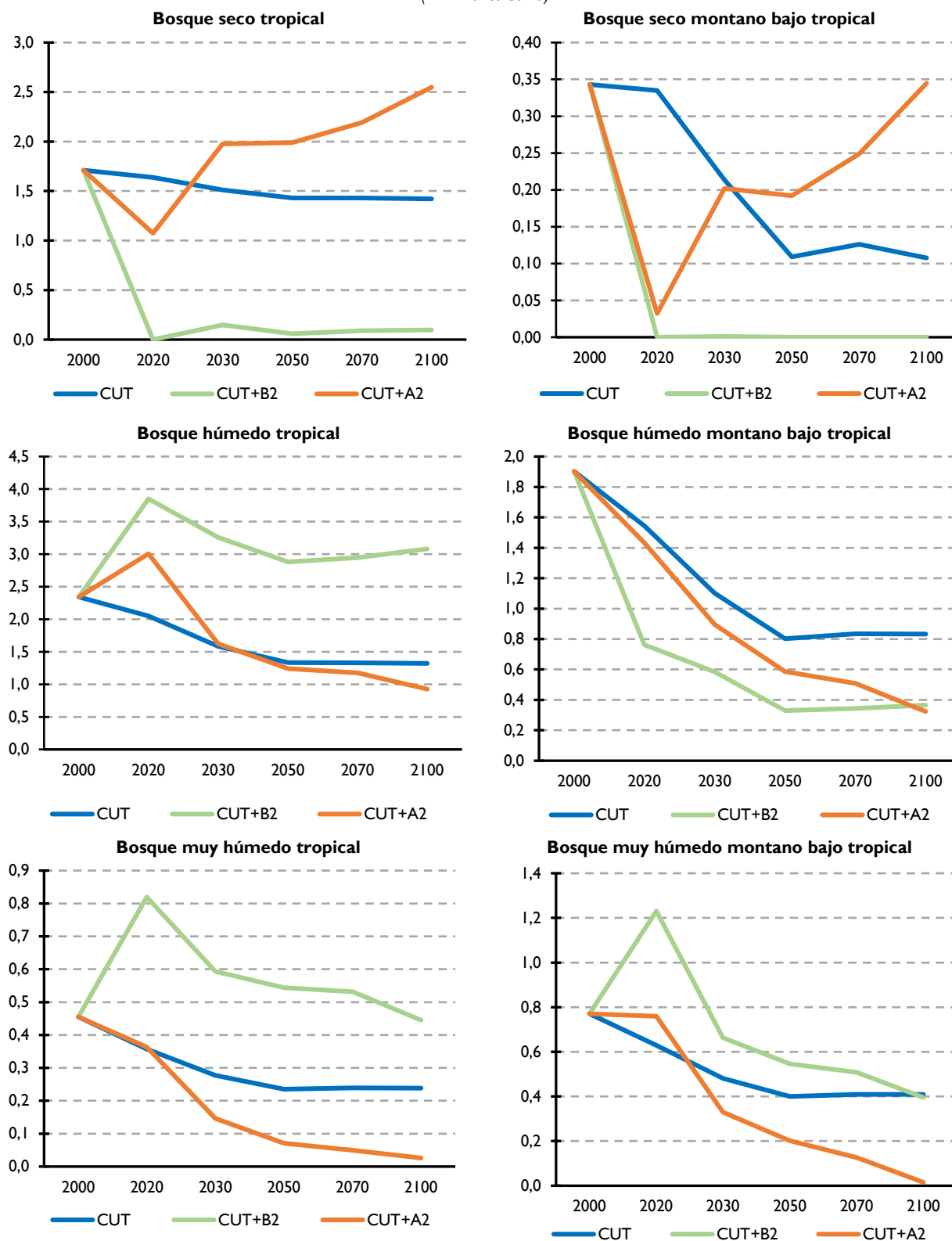
Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

En el mapa V.7 se muestra la evolución estimada de las zonas de vida de Centroamérica, con los respectivos cortes de tiempo hasta 2100 en el escenario A2. Se observa una disminución considerable en toda la región a causa de la actividad humana. Predominarían los bosques secos (las zonas claras) sobre los bosques húmedos (las zonas rosas y moradas). En Guatemala destacaría la disminución de zonas boscosas en la región norte, departamentos El Petén y Alta Verapaz. La región central también se vería afectada, principalmente al norte de los departamentos Huehuetenango, Quiché e Izabal.

Para realizar la valoración económica de las ZVH se utilizó la metodología de transferencia de beneficios, que implica identificar los valores promedio por hectárea por tipo de ecosistema y hacer una asociación directa con cada hectárea estimada. La valoración se realizó mediante los siguientes pasos:

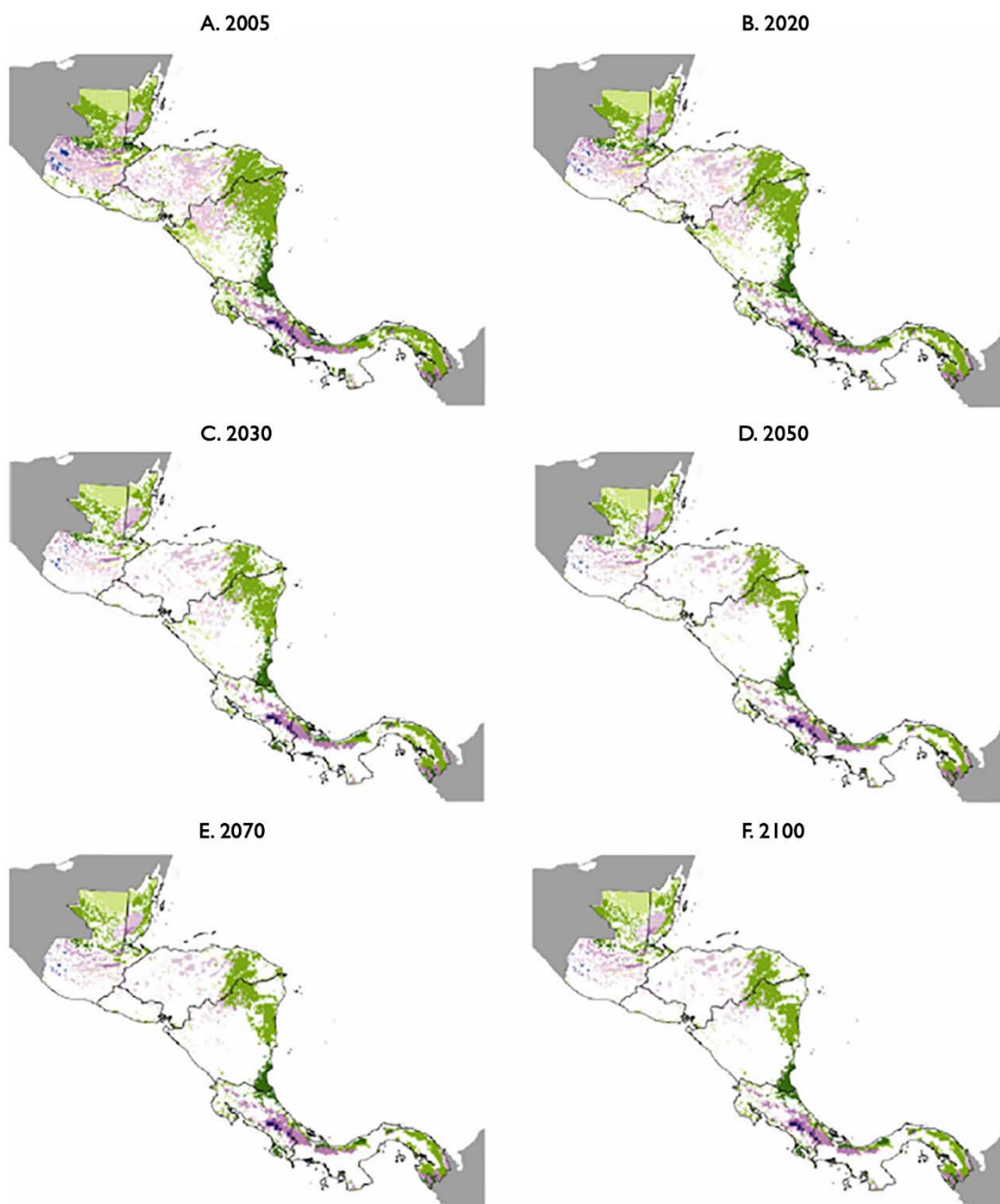
- Identificación de los servicios ecosistémicos de bosques tropicales. El bosque tropical es el ecosistema que provee mayor cantidad de servicios: agua, alimentos, madera, combustible, fibras, nuevos productos, regulación de la biodiversidad, ciclo de nutrientes, calidad de aire y clima, salud humana, detoxificación, regulación de riesgos naturales, servicios culturales y amenidades.
- Búsqueda, homogeneización y sistematización de estudios de valoración económica de servicios ecosistémicos de bosques tropicales en todo el mundo. Se localizaron 80 estudios de diversos países con 275 observaciones útiles para este estudio, se homologaron los resultados a valores por hectárea por año en dólares de 2000 y se clasificaron de acuerdo con las seis ZVH de Centroamérica y sus tipos de servicios ecosistémicos.
- Se realizó un metaanálisis con las observaciones para cada ZVH. El metaanálisis es un análisis estadístico de diversos resultados empíricos de investigaciones sobre un tema determinado, se identifican sus resultados comunes y diferencias y se obtiene una visión de conjunto (Glass y otros, 1981; Stanley, 2001). El metaanálisis permite obtener inferencias más amplias que los estudios individuales (Borenstein, y otros, 2009; Sáez y otros, 2001; Schwartz, 1994).
- Se asociaron los valores encontrados con la cantidad de hectáreas de cada ZVH.

GRÁFICO V.5
GUATEMALA: SUPERFICIE POR ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE, CON CORTES A 2100
 (En millones de ha)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

MAPA V.6
CENTROAMÉRICA: ZONAS DE VIDA DE HOLDRIDGE CON CAMBIO DE USO DE TIERRA
Y ESCENARIO A2, CON CORTES A 2100



Zonas de vida de Holdridge

Bosque muy seco tropical	Bosque húmedo tropical	Bosque húmedo montano bajo tropical
Bosque seco tropical	Bosque muy húmedo tropical	Bosque muy húmedo montano bajo tropical

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

Debido a que cada ZVH tiene diferentes servicios ecosistémicos valorados, el valor imputado representa el valor promedio por hectárea de un servicio ecosistémico “genérico”. Se consideran todos los estudios de cada zona de vida que valoran servicios de provisión, regulación soporte o culturales. La estimación inicial del valor promedio de las zonas de vida de 2005 (en dólares de 2000 por hectárea por año) es presentada en el cuadro V.7. El valor promedio por hectárea para los bosques muy húmedos tropicales sería de 213,34 dólares, mientras que el de los bosques tropicales muy secos sería de 96,05 dólares. En este caso, los valores estimados varían entre poco menos de 100 dólares por hectárea para bosques secos y muy secos tropicales; aproximadamente 110 dólares para el bosque húmedo tropical, de 130 dólares a 150 dólares para bosque húmedo montano bajo tropical y muy húmedo montano bajo tropical, y poco más de 210 dólares para bosque muy húmedo tropical.

CUADRO V.7
VALOR PROMEDIO DE LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS DE LAS ZONAS DE VIDA EN BOSQUES TROPICALES
(En dólares de 2000, por hectárea y por año)

Zonas de vida	Valor promedio
Bosque muy seco tropical	96,05
Bosque seco tropical	97,59
Bosque húmedo tropical	109,82
Bosque húmedo montano bajo tropical	133,56
Bosque muy húmedo tropical	213,34
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	151,61

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

Las estimaciones del valor promedio por hectárea de cada servicio ecosistémico y del total se presentan en el cuadro V.8, donde se analizan cuatro tipos de servicios ecosistémicos: provisión, regulación, soporte y culturales. Se pueden calcular valores para cada servicio, asumiendo que cada hectárea puede proveer los cuatro tipos al mismo tiempo sin degradar su ecosistema. Los valores estimados para bosque muy seco tropical oscilan entre 40,45 dólares y 138,97 dólares por hectárea, con menor valoración para servicios culturales y más valoración para servicios de regulación. Al comparar los valores de los cuatro tipos de servicio, los bosques secos tienen menor valor económico que los bosques muy húmedos.

CUADRO V.8
VALOR PROMEDIO DE CUATRO TIPOS DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
Y SU TOTAL DE LAS ZONAS DE VIDA EN BOSQUES TROPICALES
(En dólares de 2000, por hectárea y por año)

Zonas de vida	Provisión	Regulación	Soporte	Cultural	Total
Bosque muy seco tropical	114,50	79,34	107,05	33,05	333,94
Bosque seco tropical	83,51	138,97	92,66	40,45	355,60
Bosque húmedo tropical	111,56	123,70	93,59	106,28	435,13
Bosque húmedo montano bajo tropical	62,11	54,52	223,55	230,93	571,11
Bosque muy húmedo tropical	84,00	225,95	75,66	696,07	1 081,66
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	97,67	139,49	1 064,32	120,14	1 421,63

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

Con los valores del cuadro V.7 y las superficies de cada una de las ZVH de Guatemala se estimó el valor para 2005 y para las variaciones de las superficies de los escenarios base, B2 y A2. El valor estimado de los servicios ecosistémicos de las ZVH en 2005 fue de aproximadamente 4.314,24 millones de dólares; el bosque muy húmedo montano bajo fue el más valioso y el bosque muy seco tropical, el menos valioso (véase el cuadro V.9).

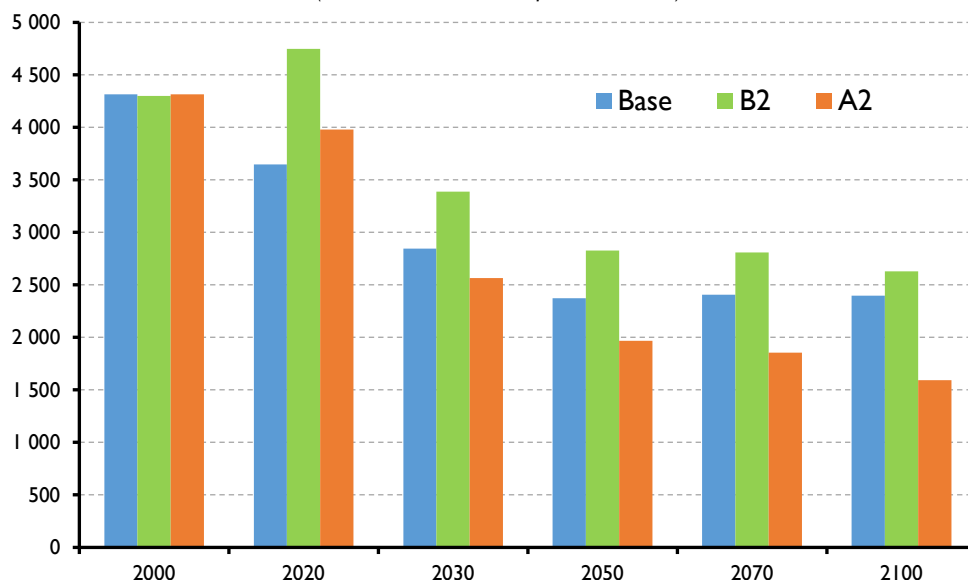
CUADRO V.9
GUATEMALA: ESTIMACIÓN INICIAL DEL VALOR DE LAS ZONAS DE VIDA DE HOLDRIGDE, 2005
(En millones de dólares de 2000)

Zona de vida	
Bosque muy húmedo tropical	492,25
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	1 095,28
Bosque húmedo tropical	1 019,23
Bosque húmedo montano bajo tropical	1 086,41
Bosque seco tropical	608,09
Bosque muy seco tropical	12,98
Total	4 314,24

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

En el gráfico V.6 se presentan las estimaciones de los valores de los escenarios base, B2 y A2. Se observa que en los tres escenarios estas disminuirían desde 2030 hasta 2050, cuando empiezan a estabilizarse. Las mayores reducciones ocurrirían en el escenario A2.

GRÁFICO V.6
GUATEMALA: ESTIMACIÓN INICIAL DEL VALOR DE ZONAS DE VIDA DE HOLDRIGDE, 2005
Y ESCENARIOS CON CORTES A 2100
(En millones de dólares a precios de 2000)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

En el escenario CUT sin cambio climático se proyecta una reducción de las superficies de ZVH a partir de 2050. El estimado inicial de las diferencias de los valores de los servicios ecosistémicos por ZVH con respecto al valor de 2005 se muestra en el cuadro V.10. En el escenario B2 las ZVH tendrían un valor de 925,76 millones de dólares en 2030 menor al valor de 2005; esta reducción llegaría a 1.686,12 millones de dólares para 2100. Destaca el bosque húmedo tropical que aumentaría su valor en todos los cortes, mientras que el bosque húmedo montano bajo tropical y el bosque seco tropical tendrían valores menores a los de 2005 en todos los cortes. En el escenario A2, la pérdida de valor resultaría mayor para casi todos los bosques, salvo el bosque seco tropical que podría perder valor en 2020 por 226 millones de dólares, pero valdría 298,10 millones de dólares más en 2100 con respecto a 2005. En la suma total de las ZVH se tendría una pérdida de valor del 40,5% en 2030 que llegaría a 63,1% hacia fin de siglo.

De estos resultados podría interpretarse que el escenario B2 beneficiaría los servicios ecosistémicos en las primeras décadas de este siglo, pero es importante hacer varias acotaciones. El

estudio evalúa el comportamiento de las ZVH según determinados niveles de temperatura y precipitación, pero no considera si todas las formas de vida de las ZVH podrán realmente adaptarse a los niveles cambiantes de precipitación y temperatura, combinados con las presiones de CUT. Igualmente, es importante recalcar que las actuales tendencias de emisiones de GEI se acercan más al escenario A2 que al B2, por lo que la probabilidad de que se presenten los resultados de las ZVH en B2 es menor.

Finalmente, los tres escenarios arrojan pérdidas de valor de las ZVH. En el escenario base con CUT habrían perdido un 34% en 2030 y un 44% en 2100; en el escenario CUT y B2 el valor bajaría un 21% y un 39% en los mismos cortes de tiempo; y en el escenario CUT y A2 las pérdidas serían del 41% y el 63%, respectivamente. Estos resultados confirman que reducir la deforestación y avanzar en la protección y recuperación de ecosistemas naturales, además de ser un reto de desarrollo en sí mismos, sugieren que el cambio climático, especialmente los del escenario más pesimista (A2), traería mayores pérdidas de bosques y servicios ecosistémicos (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d).

CUADRO V.10
GUATEMALA: ESTIMADO INICIAL DE LAS DIFERENCIAS DE VALOR EN LOS SERVICIOS ECOSISTÉMICOS
POR ZONAS DE VIDA CON RESPECTO A 2005, CON ESCENARIOS B2 Y A2 A 2100

(En millones de dólares y porcentajes)

Zonas de vida	2020	2030	2050	2070	2100
B2					
Bosque muy húmedo tropical	394,15	149,55	95,93	82,84	-10,63
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	654,56	-153,24	-319,61	-372,38	-533,18
Bosque húmedo tropical	656,35	398,72	235,25	263,48	322,30
Bosque húmedo montano bajo tropical	-650,84	-752,69	-898,15	-889,79	-878,09
Bosque seco tropical	-608,09	-555,11	-586,86	-575,80	-573,53
Bosque muy seco tropical	-12,98	-12,98	-12,98	-12,98	-12,98
Total	433,15	-925,76	-1 486,42	-1 504,62	-1 686,12
Porcentaje de variación con respecto a 2005	10,04%	-21,57%	10,54%	9,33%	5,32%
A2					
Bosque muy húmedo tropical	-99,14	-333,67	-415,71	-438,52	-464,13
Bosque muy húmedo montano bajo tropical	-15,51	-626,76	-808,00	-915,11	-1 073,64
Bosque húmedo tropical	288,90	-313,33	-478,25	-507,62	-616,10
Bosque húmedo montano bajo tropical	-268,28	-574,80	-751,33	-796,38	-901,67
Bosque seco tropical	-226,19	94,76	99,02	170,94	298,10
Bosque muy seco tropical	-12,98	4,74	8,53	27,18	34,87
Total	-333,38	-1 749,07	-2 345,74	-2 459,51	-2 722,57
Porcentaje de variación con respecto a 2005	-7,72%	-40,54%	-54,37%	-57,00%	-63,11%

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.

RECUADRO V.1
RECOMENDACIONES PARA LA ADAPTACIÓN DE ECOSISTEMAS BOSCOSOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

- La adaptación humana al cambio climático depende de la adaptabilidad de los ecosistemas. La eficiencia y la sustentabilidad de la actividad económica deberán ser evaluadas en los diversos servicios de regulación ambiental, y se justifica intervenir en ellos por fuera del mercado en caso de ser necesario. La precaución es esencial debido a la irreversibilidad de los procesos de degradación de los recursos naturales.
- Se recomienda ampliar las definiciones de áreas naturales protegidas (ANP) y de corredor biológico que minimicen las pérdidas de recursos naturales y aumenten las regiones protegidas. Esta política debe ir junto a otra que fomente la agricultura y el aprovechamiento forestal sostenible, al igual que el rescate de cultivos locales resistentes al cambio climático.
- Las medidas de conservación de los bosques deben incluir la participación de las comunidades locales en la recuperación y preservación de los ecosistemas al mismo tiempo que deben recuperar conocimientos tradicionales de preservación y adaptación a nuevas tecnologías. Adicionalmente debe considerarse el mejoramiento de la gestión de los bosques, el control de actividades como tala y deforestación y eventos como incendios forestales. La protección de los ecosistemas es también esencial para el ecoturismo.
- La gestión adecuada del agua con relación a la preservación de los bosques y sus ecosistemas es fundamental, especialmente en descontaminación, reciclaje y uso eficiente del líquido para consumo doméstico.
- Son necesarias acciones conjuntas con el sector agrícola para recuperar y restaurar zonas de baja productividad, así como la reforestación de zonas dañadas y evitar la extensión de zonas agrícolas más allá de sus límites razonables. La valoración económica agrícola debe incluir la polinización y la humedad y su protección y conservación.
- Es imprescindible contar con un plan de ordenamiento territorial que vincule a las poblaciones con actividades económicas y al mismo tiempo provea infraestructura natural que sirva como protección ante eventos hidrometeorológicos naturales, como en el caso de las plantaciones que protegen contra tormentas y huracanes, entre otros.
- Es necesario destinar financiamiento a programas de conservación de bosques por parte de pequeños tenedores de tierra, reconociendo sus beneficios para los recursos hidrológicos y la fijación de carbono. El Fondo Mesoamericano para el Pago por Servicios Ambientales es una iniciativa importante de conservación regional.
- Los programas de fomento a la conservación voluntaria y su vinculación con metas de conservación ecológica y de reducción de emisiones deben incorporar objetivos de bienestar poblacional.

Fuente: CEPAL, CAC, COMISCA, CCAD, COSEFIN, SIECA, UKAID y DANIDA, 2015.

A manera de reflexión final para este capítulo, se identificó que los departamentos de Guatemala con mayor valor en biodiversidad son Quetzaltenango, Alta Verapaz, Izabal, Retalhuleu, y Escuintla, con base en el IBP con datos de 2005. El IBP nacional bajaría aproximadamente 7% en 2020, 16% en 2030, 21% en 2050 y 21% en 2100 con base en el escenario de CUT tendencial (sin cambio climático). En escenarios de cambio climático, el IBP disminuiría 17% en 2020, 21% en 2030, 46% en 2050 y 74% en 2100 en el escenario A2. El valor de mercado anual estimado y de aporte a la economía de Guatemala para los servicios de la biodiversidad podría girar en torno a 29,62 millones de dólares de 2000. En función de la limitada información disponible, el sector económico con mayores beneficios

de la biodiversidad es el de la producción agrícola orgánica, seguido de los pagos por servicios ambientales y la producción forestal no maderable.

Según el análisis con base en las ZVH, en un escenario con CUT sin cambio climático la superficie de cobertura natural disminuiría aproximadamente de 7,5 millones de hectáreas a 5,2 millones de hectáreas en 2030, a 4,3 millones de hectáreas en 2050 y se estabilizaría hacia el final de siglo. Se ha estimado que las condiciones climáticas serían más aptas para el bosque seco tropical, cuya cobertura aumentaría del 23% de la superficie forestal en 2005 al 38% en 2030, al 46% en 2050 y al 61% en 2100, en un escenario con CUT y cambio climático (A2). El resto de las zonas de vida boscosas clasificadas como húmedo tropical sufriría reducciones significativas, incluyendo el bosque húmedo tropical y el bosque húmedo montano bajo tropical. Podría desaparecer el bosque muy húmedo tropical.

La adaptación de los ecosistemas boscosos al cambio climático requiere que los servicios de regulación ambiental de Guatemala evalúen la eficiencia y sustentabilidad de las actividades económicas que los afectan negativamente e incentiven la reducción de dichos efectos. Otra medida para facilitar la adaptación sería incrementar la superficie y las medidas de protección de las áreas naturales protegidas (ANP) y de los corredores biológicos. Las medidas de conservación de los bosques y de sus beneficios económicos y sociales deberían incluir la participación de las comunidades locales y la incorporación de sus conocimientos tradicionales de preservación de la naturaleza y capacidad de adaptación de tecnología.

Se recomienda coordinar con el sector agrícola acciones de recuperación y restauración de zonas de baja productividad, así como la reforestación de zonas dañadas y controlar la extensión de la frontera agrícola. Se deben intensificar los esfuerzos de valoración económica de los ecosistemas como la polinización, la retención de la humedad, la modulación de temperaturas locales y las barreras naturales que proveen protección ante eventos hidrometeorológicos, entre otros beneficios. Es imprescindible contar con un plan de ordenamiento territorial que vincule a las poblaciones con actividades económicas congruentes con las capacidades de los ecosistemas.

VI. IMPACTOS POTENCIALES EN ENFERMEDADES SENSIBLES AL CLIMA

La iniciativa Salud y cambio climático fue instituida en 2012 para generar más información sobre el impacto potencial del cambio climático en las enfermedades sensibles al clima. Participaron los ministerios de salud y el Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y República Dominicana, con la colaboración de CEPAL, la Organización Panamericana de Salud (OPS), el Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de Salud (ICGES) de Panamá, el Instituto de Meteorología (INSMET) de Cuba y el Instituto Nacional de Salud Pública (INSP) de México.

El presente capítulo retoma la información acumulada por esta iniciativa, incluyendo las consecuencias directas e indirectas causadas por fenómenos meteorológicos extremos, y analiza la relación entre el clima y la incidencia pues el cambio climático influye en una mayor proliferación o en cambios en los patrones de incidencia de enfermedades sensibles al clima como diarreas, procesos respiratorios agudos, dengue, malaria, chagas, leishmaniasis y las emergentes como Zika y chikunguña.

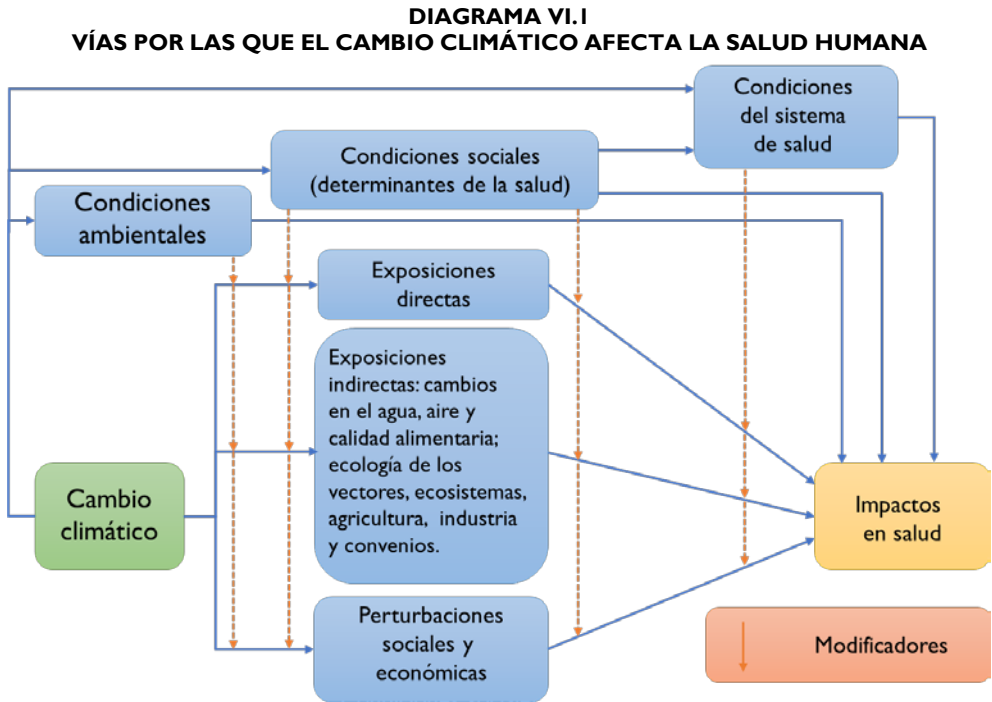
Los impactos de eventos extremos en el corto plazo considerados por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para evaluar el estado de salud de poblaciones (carga global de la enfermedad) son impactos directos de calor y frío, disponibilidad de alimentos, eventos hidrometeorológicos, contaminación atmosférica, enfermedades transmitidas por vectores, agua, alimentos, zoonosis y escasez de alimentos.

El cambio climático se asocia al incremento de eventos hidrometeorológicos extremos cada vez más frecuentes como inundaciones, sequías y huracanes. Tales eventos inciden en la salud pública, incidencia potenciada por condiciones sociales como la pobreza. Al influir en las condiciones ambientales y sociales, el cambio climático incide en los niveles de enfermedad (véase el diagrama VI.1). Los efectos directos ocurren cuando se presentan valores extremos de una o más variables como temperatura, precipitación o sequías extremas que impactan directamente al organismo humano, provocando alteraciones fisiopatológicas. Los efectos indirectos resultan de la exposición al agua y a los alimentos contaminados, a la contaminación del aire, a cambios en la ecología de los vectores, es decir, cambios que, al perturbar el entorno, afectan la salud humana.

Con el propósito de establecer el estado del arte en la región en lo referente a enfermedades sensibles al clima se realizó un análisis de los estudios sobre salud y cambio climático que incluye la sistematización de la información, los resultados y las metodologías aplicadas. En el diagrama VI.2 se presenta la ruta de investigación seguida:

- Revisión sistemática de la literatura indexada y no indexada en bases de datos electrónicas, utilizando las fuentes MEDLINE, COCHRANE y LILACS, las bases de datos de Pubmed, Academic Search Premier de EBSCOhost Web y Scielo y el buscador Google académico.

- Análisis de la literatura sobre enfermedades sensibles al clima basada en estudios epidemiológicos con matrices, identificando las instituciones y grupos de investigación que generan recomendaciones a partir de sus propios hallazgos El período de análisis seleccionado fue 1960-2012.
- Análisis de la vulnerabilidad del sector salud.



Fuente: IPCC (2007b).

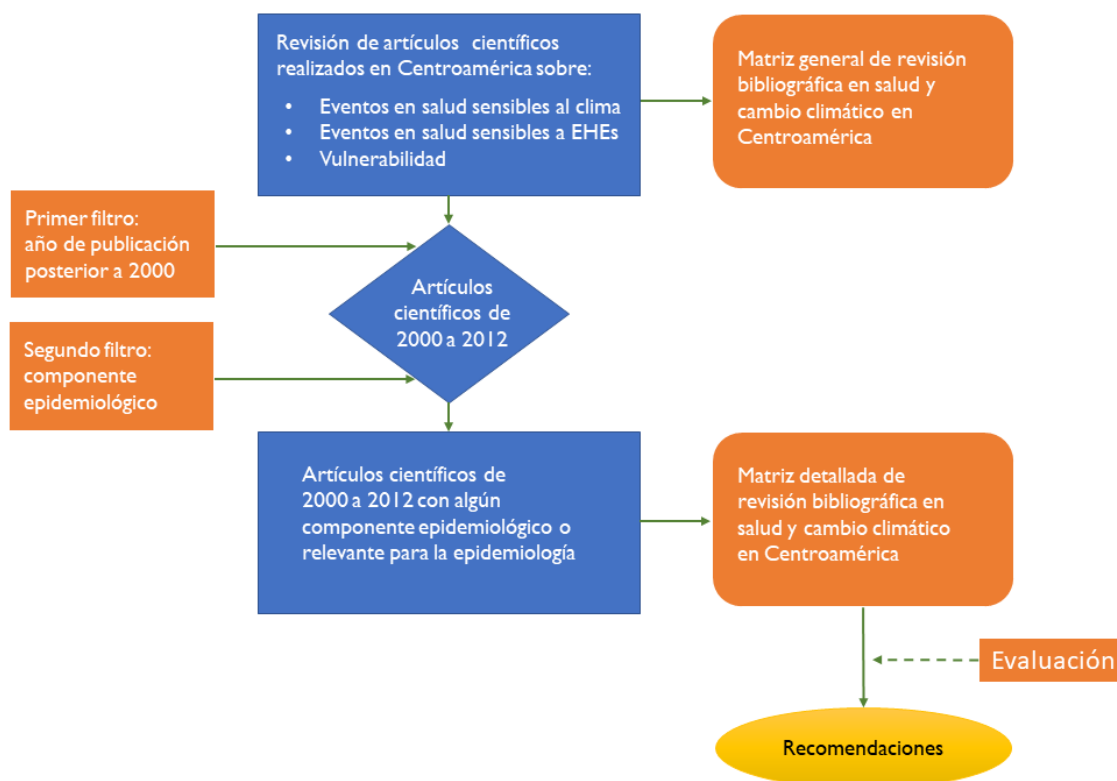
Se realizó también una búsqueda de información no indexada en las comunicaciones nacionales ante el Convenio Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático (CMNUCC), acuerdos, actas de congresos, folletos, libros y presentaciones disponibles sobre los eventos de salud referidos. Los documentos de investigación sobre Centroamérica son 235, de los cuales 33 o el 14% tratan específicamente de Guatemala. Se usaron dos comunicaciones nacionales y cuatro reportes (véase el cuadro VI.1).

CUADRO VI.1
CENTROAMÉRICA Y GUATEMALA: TIPO DE DOCUMENTO
(En valor y en porcentajes del total)

Región	Artículos de investigación	Artículos de revisión	Artículos de divulgación	Comunicaciones nacionales	Reportes	Otros
Guatemala	33 (14,0%)	-	-	2 (2%)	4 (14,8%)	3 (18,7%)
Centroamérica	235	4	4	8	27	16

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

DIAGRAMA VI.2
ESTRATEGIAS DE INVESTIGACIÓN PARA ARTÍCULOS INDEXADOS



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

En el cuadro VI.2 se presenta el número de artículos y documentos por enfermedad para Centroamérica y Guatemala. La enfermedad de Guatemala sobre la que se dispone más información es de Chagas, 14 documentos (25,9%), cuatro de malaria y tres de dengue y EDAs.

CUADRO VI.2
CENTROAMÉRICA Y GUATEMALA: ARTÍCULOS Y DOCUMENTOS POR ENFERMEDAD
(En valor y en porcentajes del total)

Región	Impacto en salud								
	Chagas	Dengue	EDA	IRA	Leishmaniasis	Leptospirosis	Malaria	Salud mental	Otros
Guatemala	14 (25,9%)	3 (5,3%)	3 (25,0%)		3 (14,2%)		4 (15,4%)		7 (11,9%)
Centroamérica	54	57	12	3	19	5	26	4	59

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

Los eventos hidrometeorológicos extremos han afectado y siguen afectando la salud humana en Centroamérica. En el cuadro VI.3 se muestran los efectos de los eventos extremos en términos de pérdidas humanas y damnificados en la región en el período 1998-2011. Guatemala resulta ser uno de los países más afectados. En la tormenta tropical Stan de 2005 hubo 664 muertes y 285.000 damnificados; en la tormenta tropical Agatha en 2010 hubo 152 muertes y 420.000 damnificados junto con Honduras y El Salvador.

CUADRO VI.3
GUATEMALA: EVENTOS HIDROMETEOROLÓGICOS CON MAYOR IMPACTO, 1998-2011

Año	Evento	N° de muertos	N° de damnificados	Fuente
1998	Huracán Mitch	268	105 000	(Turcios I, 2005)
2005	Tormenta tropical Stan	664	285 000	(CEPAL, SEGPLAN 2005) (BBC, 2005)
2010	Tormenta tropical Agatha	152	-	(Telesur tv, 2010)
2010	Huracán Alex	2	-	(AFP, 2010)
2011	Huracán Rina	39	500 000	(SWISSINFO, 2011)
2011	Depresión tropical 12-E	51	254 903	(CEPAL, 2011b)

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

Después del huracán Mitch en 1998, en Centroamérica se mejoró la infraestructura sanitaria (abastecimiento de agua) y se establecieron programas educativos de higiene (lavado de manos y manejo de alimentos). Con ello en Guatemala, como en otros países, se consiguió disminuir los casos de diarrea en las comunidades afectadas por Mitch (Moll y otros, 2007).

En Guatemala se realizó el estudio de la condición nutricional en niños menores de cinco años de tres poblaciones antes y después del huracán Mitch. Haciendo un comparativo entre ambos períodos en el posterior al huracán, la frecuencia de emaciación en las tres zonas fue mayor. Aparentemente las familias desplazadas sufrieron escasez de alimentos después del huracán por la pérdida total de las cosechas ese año (Barrios y otros, 2000). La mayoría de las intervenciones en Centroamérica tras el paso del huracán Mitch y otros eventos hidrometeorológicos extremos se han orientado a la vigilancia de brotes en el corto plazo y a la reducción de riesgos por amenazas específicas, no a modificar procesos para el manejo integral de riesgos (Rocha y Christoplos, 2001).

A. EFECTOS EN LA SALUD POR CAMBIOS EN LA DISPONIBILIDAD DE ALIMENTOS

Centroamérica tiene regiones y áreas poblacionales afectadas por la subalimentación y la desnutrición crónicas. Datos de la FAO señalan que para 2006, entre los países con mayores niveles de pobreza y subnutrición de América Latina destacan Guatemala, Honduras y Nicaragua, donde los niños menores de cinco años son los más afectados. Guatemala es el país con mayor prevalencia de desnutrición, con niveles de bajo peso severo del 3,7% y bajo peso moderado del 22,7% (FAO-E TEA, 2008). Además, se estima que 393.335 y 17.445 familias se encuentran en alto y muy alto riesgo de inseguridad alimentaria, respectivamente (Presidencia de la República de Guatemala).

La desnutrición es parte de un círculo vicioso: la falta de dinero para adquirir alimentos produce desnutrición, lo cual afecta la productividad laboral y la capacidad de buscar fuentes de ingreso. La desnutrición infantil trae consecuencias negativas para el desarrollo físico e intelectual de los niños, que a su vez también forma parte del círculo vicioso (FAO, 2007). Además de la vulnerabilidad que trae consigo la pobreza, hay evidencia científica que coincide en que Centroamérica y en especial Guatemala son altamente vulnerables a los efectos del clima. Esta evidencia es una mayor frecuencia e intensidad de eventos extremos como huracanes y sequías, que a su vez repercuten en el desarrollo de la economía agrícola.

La disminución y el retraso de la precipitación, el aumento de la temperatura media, la reducción de la nubosidad, la prolongación de la canícula y el incremento de la radiación solar en los departamentos de Retalhuleu, Escuintla, Santa Rosa y Huehuetenango, han sido atribuidas al fenómeno ENOS. Estos cambios han favorecido la mayor ocurrencia de incendios forestales, pérdidas

de producción de granos, desfases en la ejecución de prácticas de manejo agrícola como el control de malezas, plagas y enfermedades, fertilizantes y recolección de cosechas (CEPAL/UKAID/CCAD/SICA, 2010). Entre 1997 y 1998, ENOS provocó daños por 475 millones de dólares en Centroamérica. Los daños económicos de la sequía de 2001 fueron estimados por la CEPAL en 162 millones de dólares, de los que 61% correspondió al sector agropecuario.

B. ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS

El comportamiento epidemiológico de las enfermedades diarreicas agudas (EDA) depende del curso cíclico del virus, bacterias y parásitos en determinadas épocas del año y lugares. Estudios epidemiológicos de sus agentes causales indican que la EDA viral se presenta en invierno, mientras que la EDA bacteriana o parasitaria se presenta en verano. Los agentes más comunes son las bacterias *Escherichia coli*, *Campylobacter* y *Clostridium difficile*, y los parásitos *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia*, *Trichuris trichura* y *Ascaris lumbricoides* o virus del tipo rotavirus y enterovirus (Gutiérrez y otros, 2005).

Alrededor de 77.600 niños menores de cinco años mueren cada año de enfermedades diarreicas en América Latina y el Caribe. La mayoría de estas defunciones son causadas por agua y alimentos contaminados, y falta de higiene. Entre el 60% y el 80% de las enfermedades transmisibles en Centroamérica se relacionan con el abastecimiento del agua y el saneamiento deficiente (OPS, 2007).

Las EDA afectan a gran parte de la población de Centroamérica, principalmente a los niños. A principios de 2004 se reportaron 66.000 casos de diarrea. El número de decesos por rotavirus fue mayor en niños. En menores de cinco años, las EDA por infección de rotavirus mostraron un patrón estacional durante la temperatura seca de invierno, principalmente entre los meses de noviembre a mayo.

En el cuadro VI.4 se identifican los estudios de EDA en Guatemala que vinculan esta enfermedad con patrones estacionales de lluvias. Los estudios encontraron una asociación entre patrones estacionales y diarrea provocada por parásitos como *Cyclospora*, que prolifera en los meses más calientes, y los parásitos *Cryptosporidium*, que proliferan en los meses más lluviosos (Smith, 2001; Bern y otros, 2000). Los estudios ayudan a comprender la estacionalidad de los casos de EDA y son la base para evaluar los riesgos de la enfermedad en escenarios donde los patrones de temperatura y precipitación se verían alterados.

CUADRO VI.4
GUATEMALA: PATRONES DE ESTACIONALIDAD DE ENFERMEDADES DIARREICAS AGUDAS
EN POBLACIÓN INFANTIL, 1997-2007

Autor	Patógeno	Estacionalidad	Período	Temporada
Bern y otros, 2000	<i>Cyclospora</i>	Mayo-Agosto	1997-1998	Seca- Lluviosa
	<i>Cryptosporidium</i>	Julio-Octubre	1997-1998	Lluviosa
Cook y otros, 2009	<i>Entamoeba</i>		2004-2007	Lluviosa
	<i>Hymenolepis</i>		2004-2007	Lluviosa

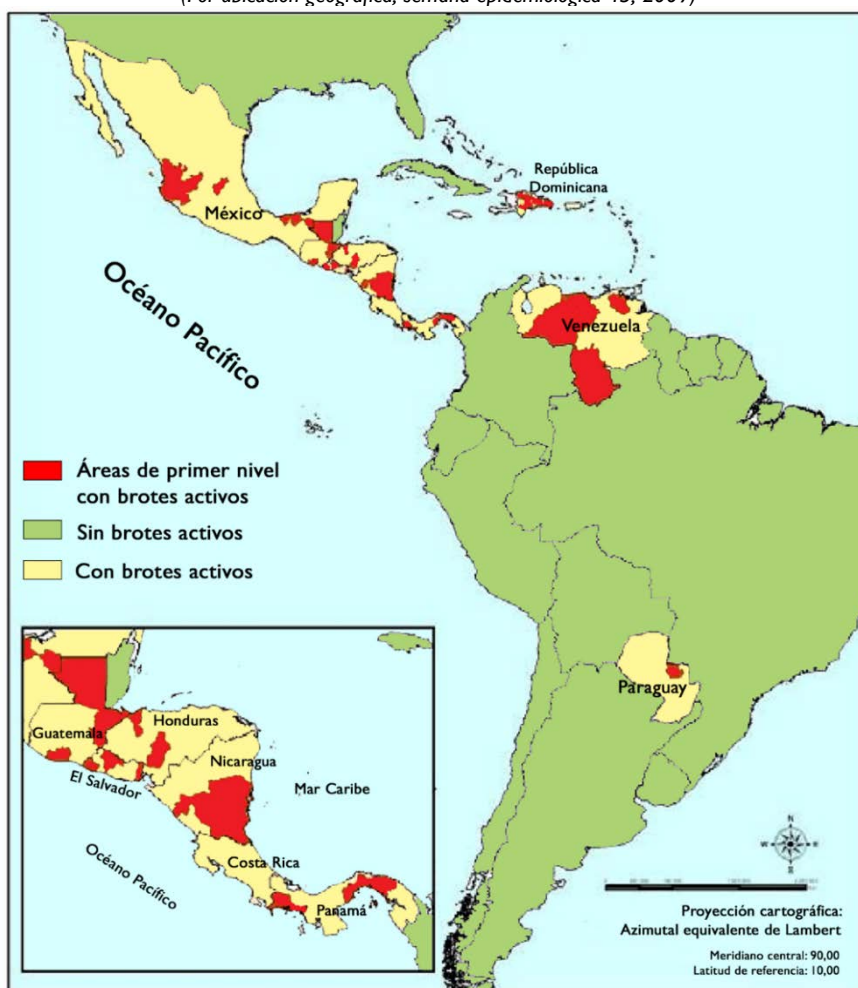
Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, COMISCA, UKAID y DANIDA, 2012.

Se consultó también un estudio de la relación entre factores demográficos e incidencia de parásitos intestinales en niños de entre cinco y 15 años en escuelas del Valle de Palajunoj en el período 2004-2007. Las muestras fueron analizadas en laboratorio y resultó que la tasa de infección por *Entamoeba histolytica* e *Hymenolepis nana* tienen una estacionalidad con la temporada húmeda (Cook y otros, 2009).

C. DENGUE

En los últimos 20 años la epidemia del dengue ha tenido un crecimiento significativo en el continente americano, donde más del 10% de los casos reportados son de Centroamérica y el Caribe (COMISCA, 2009). En el mapa VI.1 se presenta la situación endémica del dengue en América Latina y el Caribe durante una semana epidemiológica de 2009. Se observa que, al norte de Guatemala, en los departamentos de Petén, Escuintla, Chiquimula, Zacapa e Izabal, hay brotes activos considerados como áreas de primer nivel. En el resto del país solo hay brotes activos.

MAPA VI.1
AMERICA LATINA Y EL CARIBE: BROTES ACTIVOS DE DENGUE, 2009
(Por ubicación geográfica, semana epidemiológica 45, 2009)



Fuente: OMS/OPS, 2009, sobre la base de datos de los Ministerios de Salud de los países de la región. El mapa original fue elaborado por la OPS/HSD/CD, 2009.

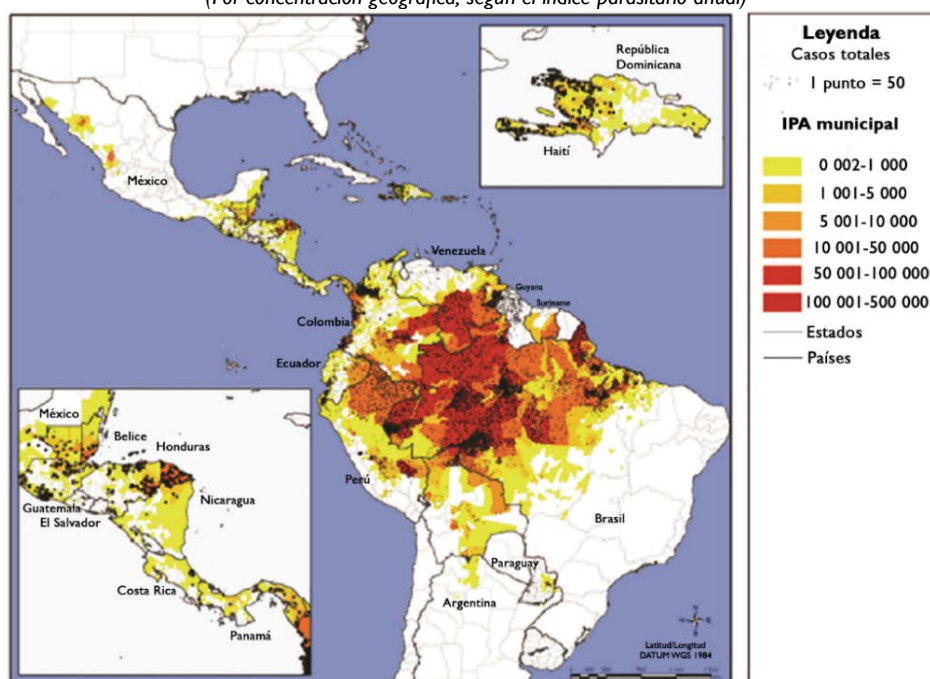
En el período de enero al 19 de junio de 2010 se registraron 4.391 casos de dengue en Guatemala, de los cuales 98 fueron de dengue hemorrágico. Los departamentos con más casos fueron Jutiapa, Zacapa, Santa Rosa, Chiquimula, Escuintla, Suchitepéquez, Guatemala, San Marcos y Quetzaltenango. Esta concentración es significativa, pues el año anterior, 2009, la mayoría de los casos se registró en la parte norte, en Petén e Izabal, mientras que en 2010 la mayoría de los contagios ocurrió en el sur y el occidente del país, según reportes del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de la República

de Guatemala, 2012 (MSPAS). El total anual de casos de dengue en Guatemala es de 17.045 con una tasa de incidencia de 117,94 por cada 10.000 habitantes (OPS, 2011).

D. MALARIA

Los climas de Centroamérica favorecen el desarrollo y la resistencia del mosquito transmisor de la malaria. Guatemala es uno de los países que presenta la enfermedad en América Latina y el Caribe; fue uno de los focos con más de tres cuartas partes de los casos confirmados en 2006 (COMISCA, 2009). En el mapa VI.2 se ilustran los lugares de Centroamérica donde la enfermedad es endémica. Aproximadamente el 70% del territorio de Guatemala lo es, principalmente el norte (Petén, Huehuetenango, Alta Verapaz e Izabal) y el sur (Retalhuleu, Suchitepéquez, Escuintla, Santa Rosa y Jutiapa).

MAPA VI.2
AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE: DISTRIBUCIÓN DE LA MALARIA, 2008
(Por concentración geográfica, según el índice parasitario anual)



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

Nota: Índice Parasitario Anual (IPA). Segundo Nivel Sub-Nacional.

Guatemala ocupó el segundo lugar en casos de malaria en 2008 pero la cantidad ha venido disminuyendo desde 2000 (53.311 casos) al 2011 (7.394 casos) con una tasa de incidencia de 5,01 por cada 10.000 habitantes en el último año del período (OPS, 2011). La pobreza, la precariedad de la vida rural y el constante flujo migratorio en las áreas endémicas determinan la distribución del mal en este país. El 65% de los casos notificados en 2008 se presentó en poblaciones indígenas.

E. ENFERMEDAD DE CHAGAS

La enfermedad de Chagas es una infección característica del continente americano, endémica en 21 países y considerada una de las diez patologías desatendidas más importantes de la región. La OMS estima que actualmente hay unos 18 millones de infecciones humanas, de las que alrededor de 5,4 millones evolucionarán en cardiopatías graves y 900.000 en megaformaciones digestivas. Se estima

una incidencia anual de 200.000 casos y 21.000 muertes anuales directamente vinculadas a esta parasitosis. Alrededor de 40 millones de personas estarían en riesgo de contraer la infección en América Latina. Centroamérica es considerada área endémica en su totalidad, afectada principalmente por *Triatoma dimidiata* y *Rhodnius prolixus*.

El vector *Triatoma dimidiata* se distribuye en 21 de los 22 departamentos de Guatemala, y solo en cinco se ha encontrado *Rhodnius prolixus* (Monroy y otros, 2003, OPS, 2010). El *Triatoma dimidiata* pulula en ambientes domésticos, peri domésticos y silvestres. Los departamentos más endémicos son Zacapa, Chiquimula, Jalapa, Jutiapa y Santa Rosa (OPS, 2010). La tasa de infección de *Triatoma cruzi* en los vectores es alrededor del 20% y las tasas de infección de los hogares oscilan entre el 10% y el 35 % (Monroy y otros, 2003). En el mapa VI.3 se observa que el *Triatoma dimidiata* es endémico en todo Guatemala, y el *Rhodnius prolixus* lo es en Zacapa y Chiquimula. Los departamentos Totonicapa, Sololá y Jalapa no muestran distribución endémica de los principales vectores de Chagas.

Rizzo y otros (2003) efectuaron un estudio en cinco de los departamentos con mayor incidencia y un universo de 4.450 niños en edad escolar en 2003. La seroprevalencia o porcentaje de personas con anticuerpos de la enfermedad fue del 5,28%. Aún no existe un control eficaz de la prevención de Chagas en bancos de sangre, donde la seropositividad de donadores en 2000 fue del 0,84%. La transmisión de *Triatoma cruzi* vía *Rhodnius prolixus* se declaró interrumpida en 2008 mediante certificado (OPS, 2010).

La enfermedad de Chagas es considerada un problema de salud pública en Centroamérica, especialmente en Guatemala, donde la prevalencia promedio es del 7%, y la manifestación clínica más frecuente es la cardiopatía chagásica. Los estudios revelan que los casos de Chagas han disminuido, pero se estima que hay subregistro, pues los datos de presencia del vector, seroprevalencia, enfermedad clínica y sangre infectada no son precisos (OPS y OMS, 2005).

MAPA VI.3
CENTROAMÉRICA: DISTRIBUCIÓN ENDÉMICA DE LOS PRINCIPALES VECTORES DE CHAGAS, 2004
(*Rhodnius prolixus* y *Triatoma dimidiata*, por ubicación geográfica)



Fuente: OPS, 2010.

F. LEISHMANIASIS

La leishmaniasis es una de las enfermedades más importantes y desatendidas en América Latina. Según estudios recientes, su incidencia ha aumentado en los últimos años. La leishmaniasis visceral (LV) es endémica en áreas de Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua (OPS, 2007). La leishmaniasis tegumentaria americana (LTA) y la leishmaniasis cutánea americana (LCA) están presentes en todos los países de la región (Convit y otros, 2005). En el cuadro VI.5 se presentan la distribución geográfica y los agentes más importantes de la infección (Bern y otros, 2008).

CUADRO VI.5
GUATEMALA: INDICADORES DE LOS PRINCIPALES AGENTES ETIOLÓGICOS DE LEISHMANIASIS

Especie	Forma clínica	Hábitat	Principales reservorios	Patrón epidemiológico
<i>L. Braziliensis</i>	LC y LM	Selva tropical y zonas deforestadas	Zarigüeyas, perezosos y perros domésticos	Endémico
<i>L. Mexicana</i>	LC	Zonas selváticas variadas (selva húmeda y estepa seca)	Roedores y marsupiales selváticos	Casos esporádicos relacionados con actividades forestales

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, COMISCA, UKAID y DANIDA, 2012.

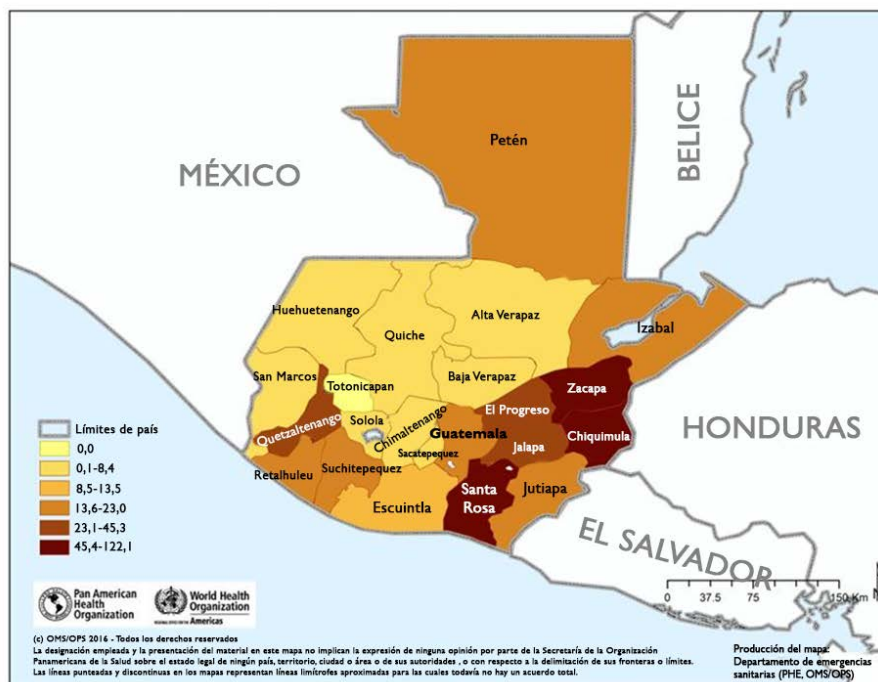
Entre 2000 y 2008 se notificaron 8.188 casos de leishmaniasis al Centro Nacional de Epidemiología de Guatemala, de los que 94,8% correspondió a LC, 2,2% a LMC y 1,1% a LV. El 95% de los casos fue notificado en Alta Verapaz, Petén Norte, Petén Suroriente, Huehuetenango y Petén Suroccidental. El 84% de los casos se registró en personas mayores de diez años y el 15,3% en menores de diez años. La transmisión de la enfermedad ocurre en zonas boscosas, fuera de la vivienda. Se considera que la vigilancia epidemiológica es limitada (Manfredo, 2009).

G. ZIKA

La enfermedad del Zika es causada por el virus de Zika (ZICAV) y se transmite por la picadura de mosquitos del género *Aedes*, sobre todo *Aedes aegypti*, en las regiones tropicales (es el mismo vector que transmite dengue y chikunguña). El 1 de febrero 2016 el virus de Zika fue declarado evento de salud pública de importancia internacional por la Organización Mundial de la Salud (OMS/OPS, 2016a). Según el Reglamento Sanitario Internacional (RSI), un evento grave e inesperado, que presenta un riesgo considerable de propagación internacional y, por tanto, de restricción internacional de los viajes y del comercio, debe de ser notificado a la OMS/OPS como una emergencia de salud pública de importancia internacional (OMS, 2016).

El primer caso de virus de Zika confirmado por laboratorio en Guatemala fue en la semana epidemiológica (SE) 47 de 2015 en el departamento de Zacapa. De la SE 40 de 2015 a la SE 40 de 2016 se confirmaron 466 casos, con 2.785 casos sospechosos. El virus se propagó desde la semana 45 de 2015, con las incidencias más elevadas entre las semanas 4 y 8 de 2016. Para ese mismo año se reportaron muertes relacionadas con el virus de Zika en 21 de los 22 departamentos de Guatemala (OPS y OMS, 2016c). Las proyecciones indicaban una tendencia ascendente, luego de una disminución en la SE 22. La incidencia mayor al promedio fue la de adultos de entre 20 y 59 años, en los departamentos de Zacapa, Chiquimula y Santa Rosa (véase el mapa VI.4).

MAPA VI.4
GUATEMALA: CASOS SOSPECHADOS Y CONFIRMADOS DE ZIKA,
SEMANA EPIDEMIOLÓGICA I A LA 38 DE 2016
 (N° de casos por cada cien mil habitantes)



Fuente: OPS y OMS, 2016c.

Las autoridades sanitarias de Guatemala, a través del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS) y en cooperación con la Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS), han ejecutado acciones para fortalecer las capacidades de respuesta ante este evento. Destaca la misión internacional de apoyo a Guatemala para respuesta del virus de Zika, que obtuvo respuesta pronta y adecuada del MSPAS, la capacitación a profesionales de la salud en el monitoreo y vigilancia del síndrome congénito relacionado con el virus de Zika, y el fortalecimiento de la comunicación de riesgos por los medios de comunicación masiva y radios comunitarias.

H. CHIKUNGUÑA

La chikunguña (CHIKV) es un virus que se transmite por la picadura de mosquitos como *Aedes aegypti* y *Aedes albopictus*, en algunos países del continente americano y fue identificado en diciembre de 2013. La Organización Mundial de la Salud/ Organización Panamericana de la Salud (OMS/OPS, 2016b) recomienda a los países que albergan este agente trasmisor que establezcan y mantengan la capacidad de detectar y confirmar casos, manejar pacientes e implementar estrategias de comunicación efectiva con el público para tomar medidas de cuidado personal y combate al mosquito (OPS y OMS, 2016b).

En Guatemala se registraron 5.125 casos sospechosos y 177 confirmados de chikunguña entre la SE 1 y la SE 52 de 2016. En el mismo período de 2015 fueron detectados 30.716 casos sospechosos y 2.023 confirmados (OPS y OMS, 2016d). Las estrategias para erradicar esta enfermedad van desde los métodos de control de vectores en las etapas tempranas del mosquito hasta la protección de personas y viviendas. Las precauciones personales son muy importantes en estas estrategias, por ejemplo, se

recomienda usar ropa que disminuya la superficie de piel expuesta en las horas de más actividad del mosquito y usar con cuidado insecticidas, repelentes y mosquiteros.

En sus comunicaciones nacionales ante la CMNUCC, Guatemala reporta la evaluación de los efectos de la variabilidad climática en la incidencia de infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades diarreicas agudas (EDA) y malaria en el país (Primera Comunicación Nacional, MARN, 2001). La evaluación está basada en modelos empírico-estadísticos que describen y pronostican la evolución de tales enfermedades con índices complejos (índice de Bultó) que combinan en forma lineal las variables meteorológicas relacionadas. Los resultados sugieren que los períodos de sequía más largos están retrasando el inicio del invierno, lo que favorece la aparición de brotes de IRA entre junio y julio, y de EDA entre septiembre y diciembre. Las EDA afectan sobre todo a menores de dos años. En el caso de la malaria se reporta un desplazamiento de la región sur a la región norte en las últimas décadas (Ortiz y otros, 2006).

RECUADRO VI.1 RECOMENDACIONES PARA EL ANÁLISIS DE ENFERMEDADES SENSIBLES AL CLIMA

Para fomentar la investigación del impacto del cambio climático en la salud humana es recomendable llevar a cabo las siguientes acciones:

- Considerar las implicaciones de cambios de temperatura, precipitación y estructuras de poblaciones en distintos escenarios, para prevenir sus efectos y posibilitar su incorporación en modelos de nicho ecológico.
- Considerar los cambios en la biodiversidad de los ecosistemas y prestar mayor atención a las enfermedades transmitidas por vectores (ETV).
- Evaluar las condiciones de establecimiento y propagación de la vulnerabilidad a enfermedades sensibles al clima y hacer propuestas para reducirla.
- Considerar factores de vulnerabilidad social y ambiental tales como desigualdad, carestía, atención institucional, acceso a servicios de salud y daño ambiental.
- Fomentar la comparabilidad entre enfoques y metodologías que faciliten el análisis y comprensión de los datos.
- En el caso del análisis de enfermedades:
 - En las ETV es recomendable unificar y consolidar la información para realizar análisis epidemiológicos regionales y nacionales.
 - Es deseable que los análisis incluyan escenarios de cambio climático, condiciones geomorfológicas y socioeconómicas.
 - Replicar y ampliar estudios de caso, considerando la causalidad de las transmisiones y la influencia de las variables climáticas y sociales.
 - Analizar la calidad del agua después de eventos meteorológicos para conocer su relación con enfermedades diarreicas.
 - Hacer un monitoreo atmosférico exhaustivo y comprehensivo, y analizar los efectos negativos de contaminantes en grupos humanos sensibles.
- Difundir los estudios de impacto del cambio climático en la salud, distinguiendo las regiones.
- Incluir previsiones de modelos de la ENOS en políticas regionales, estudios multidisciplinarios, interacción entre el sector salud y la comunidad y en medidas de respuesta.

- Mejorar los sistemas de recopilación y análisis de información. El modelaje climático se vuelve necesario al hacer proyecciones donde el análisis directo es limitado. Se requieren 30 años de información en series al menos.
- Usar métodos epidemiológicos que limiten los factores propicios a enfermedades, áreas de influencia y vinculación con la población afectada, lo que ayudará a la correcta identificación de causalidades y magnitud de daños con técnicas estadísticas de eliminación de tendencias y estacionalidad.

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

Recapitulando, los próximos pasos del análisis del impacto del cambio climático en la salud humana requieren considerar las implicaciones de cambios en temperatura, precipitación y estructuras demográficas en distintos escenarios, generar pronósticos de los riesgos en salud e incorporar los modelos de nicho ecológico para analizar los cambios de distribución de las especies o vectores que transmiten enfermedades. También es recomendable integrar variables de condiciones de vulnerabilidad económica, social y ambiental como pobreza, ingresos, inequidad, desigualdad, falta de acceso efectivo a los servicios de salud, capacidad de respuesta institucional y degradación ambiental. Del mismo modo, es importante fortalecer los sistemas de recolección y análisis de datos epidemiológicos. La investigación de los efectos del cambio climático en la salud requiere, por lo menos, de series de datos retrospectivos de 30 años. Será necesario continuar trabajando con el grupo de análisis interdisciplinario e interinstitucional.

VII. ESCENARIOS DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Se estima que Centroamérica produce menos del 0,8% de las emisiones brutas totales de gases de efecto invernadero (GEI)¹⁹ y menos del 0,3% sin considerar las emisiones de los cambios de uso de tierra (CUT)²⁰ (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011). Los estudios demuestran que la reducción de estas tasas en la región no cambiará la trayectoria global. Paradójicamente, los países de la región figuran entre los que resienten más los efectos del cambio climático en el planeta. Las metas de reducción de emisiones de GEI obligatorias podrían representar una carga injusta para los países con una proporción de emisiones bajas, además de la carga de los impactos mismos. No obstante, como parte de su responsabilidad común pero diferenciada la región puede esforzarse por reducir sus propias emisiones. Las opciones de reducción de emisiones de GEI de los países de la región, incluyendo Guatemala, se basan en reducir vulnerabilidades y adaptarse basándose en el derecho al disfrute perdurable de la naturaleza. En este capítulo se presenta la situación actual de los inventarios nacionales de Guatemala y escenarios prospectivos a 2100.

A. INVENTARIOS DE EMISIONES EN GUATEMALA

En el cuadro VII.1 se presentan las emisiones netas²¹ registradas en inventarios nacionales para los años 1990, 1994, 2000 y 2005. Las emisiones netas indican la diferencia de las emisiones brutas con respecto a la absorción de CO₂e²². La información proviene de la Primera y Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático de Guatemala. El país reportó emisiones negativas netas en 1990, 1994 y 2000, que resultan cuando las emisiones brutas son menores que la absorción de CO₂e debida al incremento de la biomasa de los bosques naturales intervenidos, las absorciones de las plantaciones forestales y la revegetación que se da en las tierras cultivadas que son abandonadas. Entre 1990 y 2005 las absorciones han venido disminuyendo. Para 2005 las emisiones netas son positivas por la reducción de las absorciones y el aumento en las emisiones de sectores como energía, procesos industriales, agricultura y desechos.

¹⁹ Los GEI son de origen natural y origen antropogénico; absorben y emiten radiación en determinadas longitudes de ondas del espectro de radiación infrarroja emitido por la superficie de la tierra, la atmosfera y las nubes. Esta propiedad causa el efecto invernadero. El vapor de agua (H₂O), el dióxido de carbono (CO₂), el óxido nitroso (N₂O), metano (CH₄) y ozono (O₃) son los principales gases de efecto invernadero en la atmosfera terrestre (IPCC, 2004).

²⁰ Las emisiones brutas totales son las emisiones por sector más las emisiones por cambio de uso de tierra sin considerar la absorción.

²¹ El total de emisiones netas es igual a las emisiones por sector más las emisiones de cambio de uso de tierra (por deforestación) menos las absorciones por cambio de uso de tierra (como cambio a bosques por reforestación y abandono de tierras cultivadas).

²² El CO₂e expresa los gases de efecto invernadero CO₂ (dióxido de carbono), CH₄ (metano) y N₂O (óxido de nitrógeno) equivalentes a 100 años.

Las emisiones de GEI de Guatemala para 2005 por sectores se presentan en el cuadro VII.2. Las emisiones netas fueron de 6.953.774 toneladas de CO₂e y las emisiones brutas de 31.445.835 TCO₂e. Es importante señalar que las emisiones sin CUT (22.948.354 TCO₂e) más las emisiones de CUT (8.497.503 TCO₂e) son equivalentes a las emisiones brutas. Las emisiones del sector energía de GEI son las que más contribuyen, 53% del total, sin considerar CUT. Las emisiones del sector agricultura contribuyen con el 35%, el 7% corresponde al sector industrial y las emisiones por desecho son equivalentes al 5% (véase el gráfico VII.1).

CUADRO VII.1
GUATEMALA: EMISIONES NETAS DE GEI REPORTADAS EN INVENTARIOS NACIONALES
(En toneladas equivalentes de CO₂ a 100 años incluyendo CH₄ y N₂O, CO₂e)

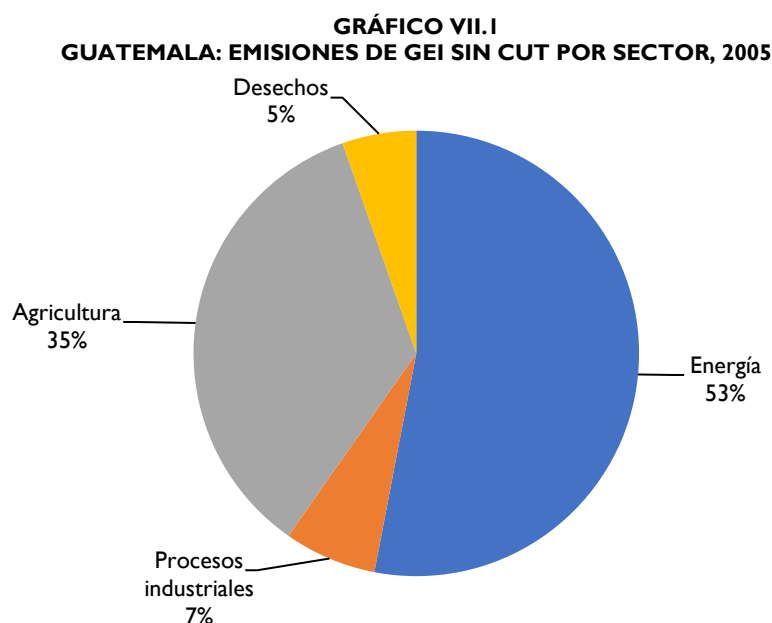
1990	1994	2000	2005
-24 803 642	-13 427 776	-4 879 689	6 953 774

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011, y MARN, 2015.

CUADRO VII.2
GUATEMALA: EMISIONES DE GEI POR SECTORES REPORTADAS EN INVENTARIOS NACIONALES, 2005
(En toneladas de CO₂e)

Sector	Emisiones
Energía	12 166 219
Procesos industriales	1 541 089
Agricultura	8 008 485
Desechos	1 232 539
Emisiones sin cambio de uso de tierra	22 948 354
Emisiones de cambio de uso de tierra	8 497 503
Emisiones brutas	31 445 835
Absorciones por cambio de uso de tierra	-24 492 061
Emisiones-absorciones por cambio de uso de tierra	-15 994 558
Emisiones netas	6 953 774

Fuente: Elaboración propia, con base en datos del MARN, 2015.



Fuente: Elaboración propia, con base en datos del MARN, 2015.

RECUADRO VII.1
GUATEMALA. INVENTARIOS NACIONALES DE EMISIONES DE GASES DE EFECTO INVERNADERO

Los inventarios de emisiones y absorciones de GEI en Guatemala fueron hechos según las guías del IPCC para inventarios, adoptadas por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), que son:

- Directrices revisadas de 1996 para los inventarios nacionales de emisiones de GEI (IPCC, 1996).
- Orientaciones sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en los inventarios nacionales de GEI (IPCC, 2000).
- Orientación sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (IPCC, 2003).

Los inventarios de 1990, 1994, 2000 y 2005 incluyen los cálculos de emisiones y absorciones antropogénicas de GEI en cinco sectores enlistados por el IPCC, que son:

- **Energía:** emisiones provenientes de las actividades energéticas fijas y móviles, incluyendo las generadas por combustión y emisiones fugitivas.
- **Procesos industriales:** emisiones de los procesos físicos y químicos de transformación de materias primas y emisiones fugitivas de GEI. Las emisiones por quema de combustibles de este sector se registran en el sector de energía.
- **Agricultura:** emisiones antropogénicas sectoriales, exceptuando las de los combustibles en actividades agrícolas y las del manejo de aguas residuales del sector.
- **Uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS):** emisiones y absorciones generadas por prácticas de manejo de la tierra y la vegetación allí contenida y por los gases que se generan por la quema de biomasa en estos lugares.
- **Desechos:** emisiones del manejo de desechos sólidos y líquidos de las diversas actividades humanas.

Se trató de estimar las incertidumbres asociadas a los datos de actividad de cada sector utilizando las directrices del IPCC. Sin embargo, esto no fue posible debido a la falta de datos de certidumbre en varios sectores de los inventarios. Este análisis permitió definir un conjunto de actividades prioritarias para mejorar la calidad de datos de actividad requerida en cada una de las categorías de fuente, como parte del proceso de mejora continua al momento de desarrollar los próximos inventarios. La integración de los resultados se presenta en el siguiente cuadro y gráfico:

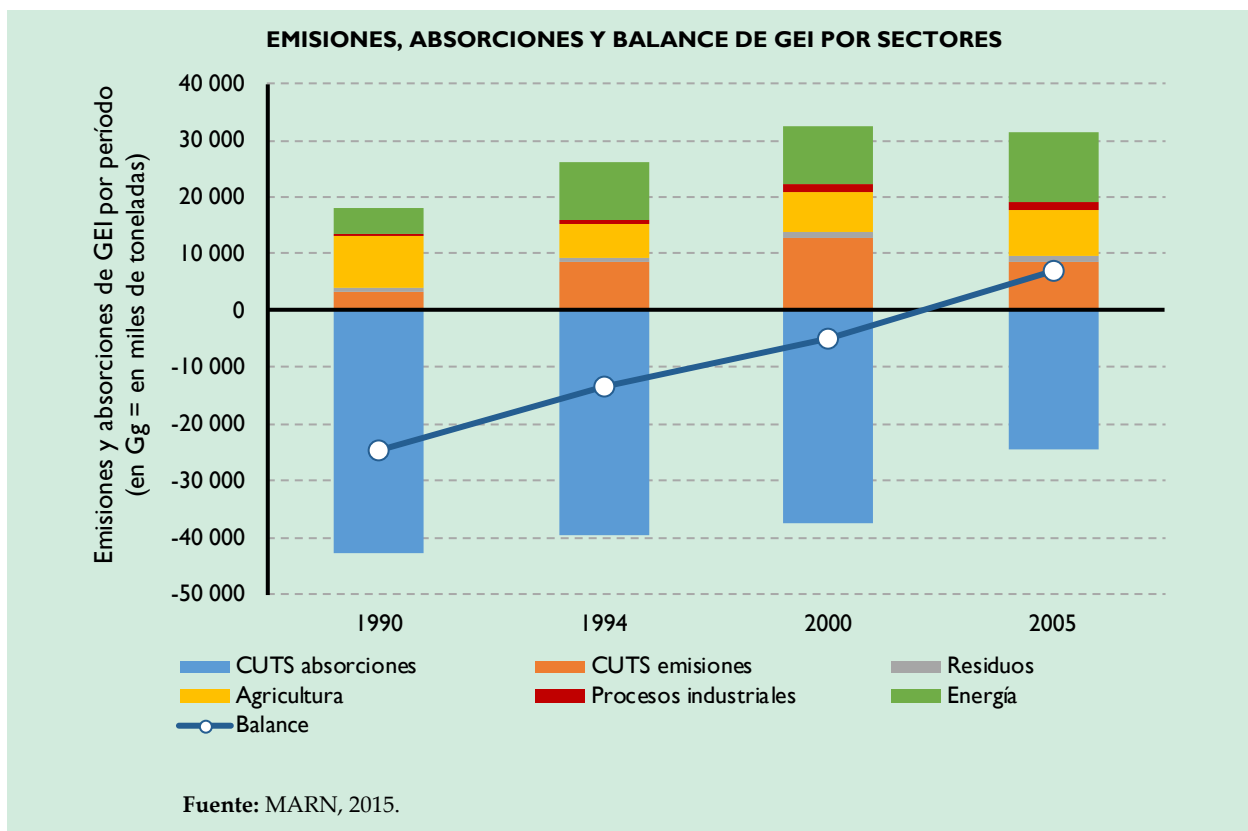
GUATEMALA. EMISIONES Y ABSORCIONES DE GEI, 1990, 1994, 2000 Y 2005

(En Gg)

Año	CO ₂		CH ₄	N ₂ O	NO _x	CO	NMVOC	SO ₂
	Emisiones	Absorciones						
1990	7 489 619	-42 903 726	199 556	20 709	43 792	961 655	105 949	74 497
1994	18 474 938	-39 583 645	192 745	11 720	48 446	958 066	235 257	74 607
2000	22 911 204	37 456 815	211 255	16 902	75 945	1 211 924	176 926	98 458
2005	20 817 879	-24 492 061	259 397	16 712	95 434	1 433 583	414 576	90 488

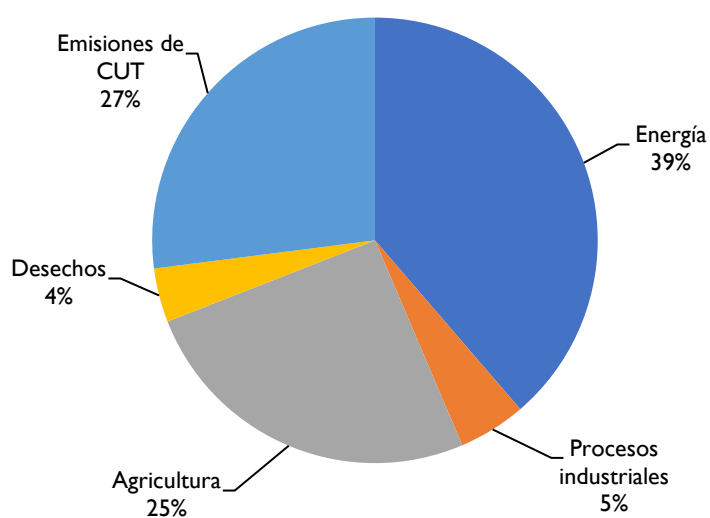
Fuente: MARN (2001); MARN (2007); MARN (2015).

El gráfico representa la tendencia del balance entre las emisiones y las absorciones reportadas en los inventarios nacionales, que muestra una línea ascendente pronunciada. Esto se debe principalmente a la reducción de la capacidad de absorción de los bosques y suelos del país, y al aumento de emisiones de otros sectores.



Las emisiones brutas totales de Guatemala en 2005 indican que el CUT sería el segundo sector con más emisiones con 27%, detrás del sector energía con el 39% y en tercer lugar el sector agrícola con 25% (véase el gráfico VII.2).

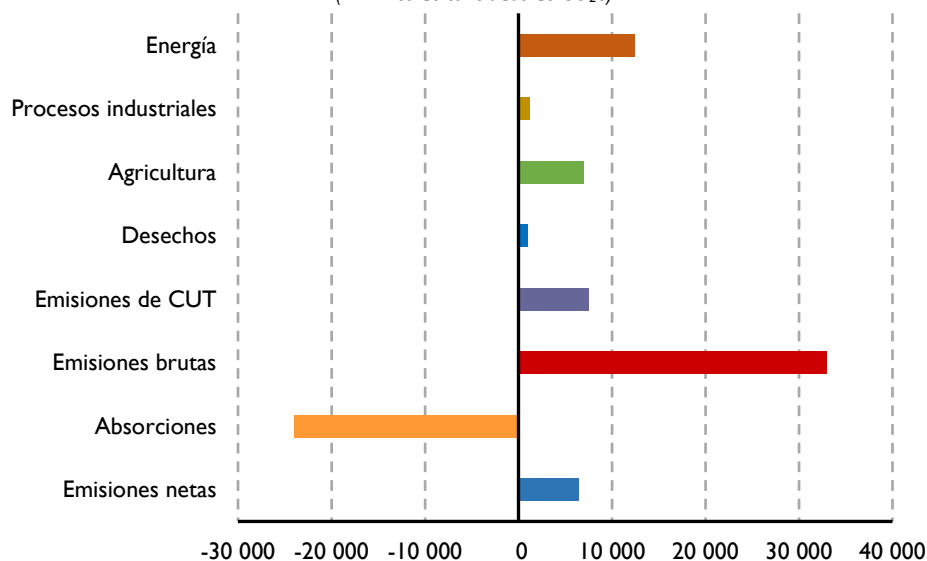
GRÁFICO VII.2
GUATEMALA: EMISIONES BRUTAS DE GEI CON CUT, POR SECTOR, 2005
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos del MARN, 2015.

En el nivel de emisiones menos absorciones de GEI provenientes de CUT, Guatemala es sumidero neto (tiene valor negativo). Por ello las emisiones totales brutas son mayores que las emisiones totales netas. En consecuencia, las emisiones del sector energía y de agricultura son mayores que las emisiones totales netas. En el gráfico VII.3 se muestran las cantidades de emisiones de GEI por sector, brutas y netas, en Guatemala. El país tiene buena capacidad de absorción de CO₂ frente a los principales sectores emisores. Además, las emisiones de CUT son moderadas en comparación al sector energía, la agricultura y las absorciones. Esto indica una buena política y un mejor cuidado social de los bosques y la conversión de estos a otros usos.

GRÁFICO VII.3
GUATEMALA: EMISIONES DE GEI BRUTAS Y NETAS, POR SECTOR, 2005
(En miles de toneladas de CO₂e)



Fuente: Elaboración propia, con base en datos del MARN, 2015.

En el cuadro VII.3 se sintetizan diferentes medidas de intensidad de emisiones de CO₂e de Guatemala con datos de 2000. El primer indicador muestra la intensidad de energía con respecto al PIB (cantidad de energía consumida para producir cada 1.000 dólares del PIB). Guatemala registra un valor de 0,0156, superior a la media de Centroamérica, 0,012, lo que significa menos eficiencia energética. El segundo indicador es la intensidad de CO₂e sobre la cantidad de energía consumida. El nivel de carbonización ayuda a calcular las emisiones por unidad de energía. A menores valores, energía más limpia. En el caso presentado el valor es de 120 toneladas de CO₂e generado, cercano a la media de Centroamérica. El tercer indicador es de intensidad de CO₂e sobre el PIB, cuyo valor es de 1,87 toneladas de CO₂e por cada mil dólares del PIB, mayor que la media de la región. El cuarto indicador es el de las emisiones de CO₂e por habitante, 2,86 toneladas de CO₂e por persona, superior a la media de Centroamérica, 2,73.

CUADRO VII.3
GUATEMALA: EMISIONES DE GEI, 2000

Intensidad de energía/PIB (En terajoules por cada mil dólares)	Intensidad CO₂e*/Energía (En toneladas de CO ₂ e por terajoules)	Intensidad CO₂e*/PIB (En toneladas de CO ₂ e por mil dólares)	Intensidad de CO₂e* por habitante (En toneladas de CO ₂ e por habitante)
0,0156	120,1	1,8716	2,8671

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Nota: *Sin CUT.

RECUADRO VII.2
CONTRIBUCIÓN PREVISTA Y DETERMINADA A NIVEL NACIONAL (INDC)

En su INDC ante el Secretariado de la Conferencia de las Partes en la Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC), Guatemala se compromete a reducir hasta en 22,6% sus emisiones de GEI totales a 2030 con respecto a 2005.

Este compromiso fue incorporado al Plan Nacional de Desarrollo KATUN 2032 y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Con estos compromisos se cumplirían con la Política Nacional de Cambio Climático (Acuerdo Gubernativo 3229-2009) y la Ley Marco de Cambio Climático.

El compromiso de reducción implica que se llegarían a 41,66 millones de toneladas de CO₂e a 2030 en comparación a la estimación tendencial de 53,85 millones de toneladas de CO₂e en el mismo año. Para alcanzar esta meta tan ambiciosa será necesario contar con el apoyo técnico y financiero internacional público y privado, nuevo y adicional.

Los sectores de la economía nacional con mayor necesidad de soporte para la implementación de las políticas y estrategias de reducción de emisiones son bosques, agricultura y transporte que pueden cumplir sus metas si se cumplen las siguientes condiciones:

- Una dinámica de formación de capital del país similar al promedio de las últimas dos décadas, un crecimiento estable del sector financiero y una tendencia a la estabilidad macroeconómica.
- Que ningún acontecimiento nacional sea obstáculo para la asignación de recursos financieros nacionales e internacionales.
- La implementación de estrategias, políticas y acciones de Cambio Climático definidas en las leyes respectivas y en los tratados internacionales en la materia debe ser prioritaria.
- Aumento de la competitividad del país y una inserción más eficiente en la economía global.
- Considerar la participación del país en los mercados de carbono estables.
- Acceso a tecnologías más eficientes y menores costos efectivos que permitan alcanzar las metas de reducción de emisiones de GEI.

El plazo para la implementación es de 2016 a 2030, con revisiones periódicas según se establezcan en el nuevo acuerdo, utilizando como referencia la información del período 1990-2005. Los gases incluidos son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O) (expresados en CO₂ equivalente).

En la actualidad Guatemala está desarrollando el plan de acción nacional de adaptación y mitigación al cambio climático. La ley marco de cambio climático establece que cada institución de gobierno elaborará sus propios planes institucionales, lo que implica una incidencia fuerte para el proceso de planificación nacional y el presupuesto general de la nación.

Con respecto a los eventos climatológicos extremos, Guatemala ha emprendido un proceso de unificación de información climática y de desarrollo de sistemas de alerta temprana. Sin embargo, aún existen barreras tecnológicas, financieras y culturales que requieren ser superadas. Con respecto a la seguridad alimentaria y agropecuaria, el sistema de monitoreo de cultivos coordinado, enfocados en la seguridad alimentaria nutricional y agencias de cooperación internacional, prioriza acciones directamente vinculadas con la producción de alimentos, principalmente para el autoconsumo y la subsistencia en zonas pobres.

La mayor parte de la población de Guatemala está vinculada al sector agropecuario y existe la necesidad de facilitarle las herramientas y la tecnología necesarias para enfrentar el cambio y la variabilidad climática.

Los mecanismos de implementación son las instituciones políticas, las estrategias, los planes, programas o proyectos para alcanzar la meta de reducción efectiva de las emisiones de GEI.

Se han creado unidades técnicas en los ministerios de Ambiente, Agricultura, Energía y Minas, Finanzas, Relaciones Exteriores, Consejo Nacional de Áreas Protegidas, Instituto Nacional de Bosques e Instituto de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología.

La ley ordena que se desarrollen los planes estratégicos institucionales de reducción de la vulnerabilidad, adaptación y mitigación al cambio climático. A su vez se creó el sistema nacional de información sobre cambio climático que contendrá información de mitigación y adaptación (Art. 9).

MITIGACIÓN

Energía:

- El Sistema Nacional Interconectado (SNI) de Guatemala genera el 69,72% de la electricidad nacional de fuentes renovables. Se espera que para 2030 la generación eléctrica de fuentes renovables sea del 80%.
- Se cuenta con la Política Energética 2013-2027, seguridad del abastecimiento de electricidad a precios competitivos, ahorro y uso eficiente de la energía y reducción del uso de la leña en el país.
- Se tiene la ley de incentivos para el desarrollo de proyectos de energía renovable.
- Norma técnica para la conexión, operación, control y comercialización de la generación renovable.
- Implementación y mejora del sistema de transporte (BRT en inglés).

Cambio de uso de la tierra y silvicultura:

- Implementación de la estrategia de Reducción de las Emisiones por Deforestación y Degradación de Bosques REDD.
- Implementación de las agendas de cambio climático de las instituciones públicas, principalmente la estrategia de biodiversidad y cambio climático.
- Se cuenta con el Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas (SIGAP) que abarca el 33% del territorio nacional.
- Fortalecimiento del Sistema Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales (SIPECIF).
- Implementación de las políticas forestales mediante el Programa Producción y Protección de Bosques de Guatemala, PROBOSQUE, el Programa de Incentivos Forestales PINFOR y el Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal PINPEP.

Agricultura:

- El Plan de Acción para la Implementación de la Política Nacional de Desarrollo Rural Integral y El Sistema Nacional de Extensión Rural SNER están vinculados a la política agropecuaria.
- Implementación de la Política de Riego Agrícola con enfoque integrado del recurso hídrico.

Desechos:

- Política de Desechos Sólidos (en elaboración) por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- Implementación del reglamento de aguas residuales para el tratamiento de las emisiones producidas por este sector.
- Procesos industriales.
- Desarrollo y coordinación para el involucramiento del sector privado a través de acciones enmarcadas en la política de producción más limpia.
- Programa de incentivos que motive actividades voluntarias de reducción o absorción de emisiones de GEI.
- Fondo Nacional del Cambio Climático (FONCC), instrumento financiero para la implementación de la ley respectiva, junto con el Fondo Nacional de la Conservación (FONACON) y el Fondo Nacional para la Reducción de Desastres, todos ellos instrumentos autorizados para canalizar recursos nacionales e internacionales.

Algunos de los mecanismos financieros implementados por Guatemala:

- Fondo Verde del Clima, principal instrumento financiero de la CMNUCC. El MARN es el responsable de designar a la autoridad encargada de su implementación.
- Participación en la iniciativa Global de Finanzas para la Biodiversidad (BIOFIN) y desarrollo del Programa Nacional de Reducción de Emisiones REDD, que contará con mecanismos financieros a nivel nacional.
- Ajuste y actualización de la Estrategia Financiera Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía.
- Fondo de canje de deuda por naturaleza con los Estados Unidos y programas de incentivos forestales establecidos por la ley, Programa de Incentivos Forestales PINFOR y Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal PINPEP
- Implementará con el Gobierno de la República Federal de Alemania un Canje de Deuda por Adaptación al Cambio Climático en zonas vulnerables.
- Los recursos del presupuesto del Estado no son suficientes para cubrir la extensa y profunda brecha de los efectos reales y esperados del cambio climático, cumplir los compromisos del INDC y las metas de los ODS, crear capacidades de adaptación y mitigación, y reducir la vulnerabilidad. Por esta razón el país hace un llamado a la comunidad internacional para que, cumpliendo con una responsabilidad común pero diferenciada, se provea al país de recursos financieros adicionales al financiamiento para el desarrollo.

Fuente: Gobierno de Guatemala y MARN, 2015.

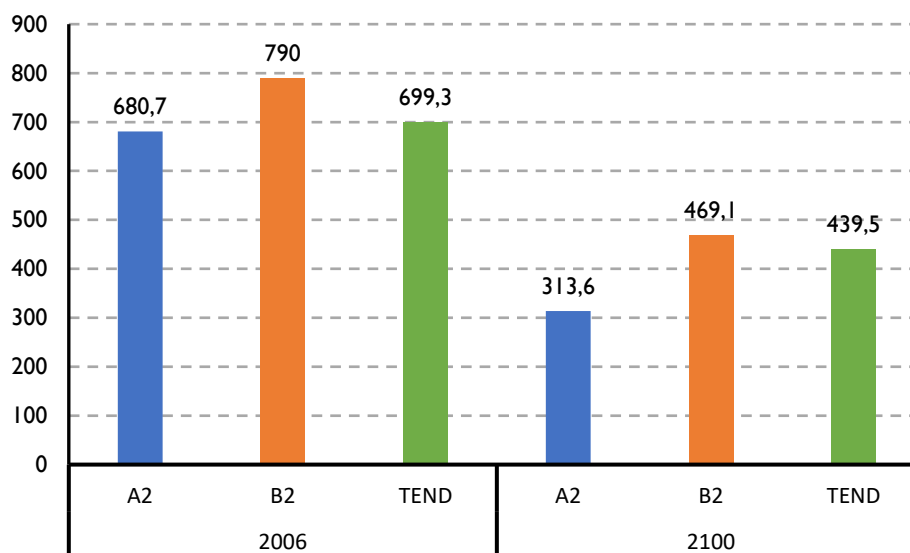
B. ESCENARIOS PROSPECTIVOS DE ACERVOS DE CARBONO A 2100

El total de carbono es la suma de los acervos de carbono de los diversos usos de la tierra. En el primer capítulo de este trabajo se presentaron simulaciones de CUT por necesidades agrícolas, industriales y municipales. La metodología para calcular el carbono se presenta en esta sección, y para complementarla se agregaron escenarios de cambio climático.

Los escenarios de cambio climático fueron estimados como la media de los modelos ECHAM4, GFDL R30 y HADCM3 para B2 y ECHAM5, GFDL CM2.0 Y HADGEM1 para A2. Los escenarios futuros de las variables temperatura y precipitación fueron proyectados para cada año entre 2005 y 2100 como promedio móvil de la anomalía climática de los 15 años anteriores y los 15 años posteriores a cada año. La anomalía climática fue estimada como la diferencia entre el clima simulado para cada año y la climatología de referencia simulada de WorldClim (1961-1990) porque cuenta con una distribución georreferenciada a la escala requerida (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID Y DANIDA, 2011).

Los acervos de carbono se estimaron considerando los impactos del cambio climático; los resultados se presentan en el gráfico VII.4. Las disminuciones son notables tanto en el escenario tendencial (2006) como en los escenarios futuros (hasta 2100). En el escenario B2 los acervos se estimaron en 790 millones de toneladas de carbono, cantidad mayor que la del escenario tendencial, 699,3 millones de toneladas. En el escenario A2 se contabilizaron 680,7 millones de toneladas, cantidad menor que la del escenario tendencial. Para finales de siglo las reducciones de los acervos de carbono podrían ser del 37% en el escenario tendencia, 41% en el escenario B2 y del 54% en el escenario A2.

GRÁFICO VII.4
GUATEMALA: DISMINUCIÓN EN ACERVOS DE CARBONO
BAJO ESCENARIO TENDENCIAL, B2 Y A2, 2006-2100
(En millones de toneladas de carbono Mton C)

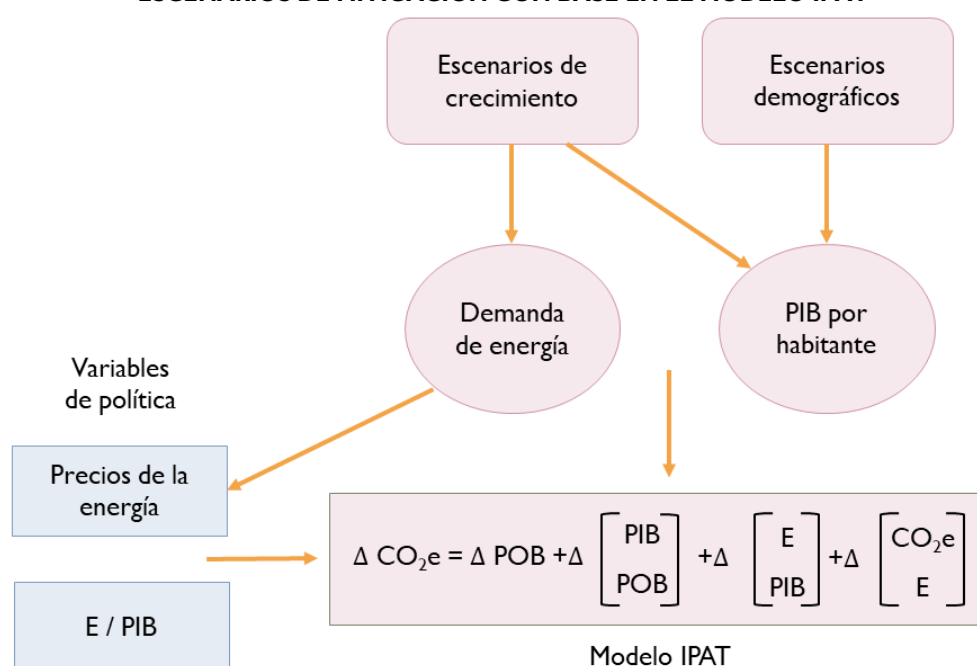


Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

C. ESCENARIOS PROSPECTIVOS DE EMISIONES DE GEI A 2100

La metodología utilizada para realizar los pronósticos de emisiones de GEI se basa en la identidad de Kaya o modelo IPAT (Stern, 2007a; IPCC, 2007b). Las emisiones de GEI de un país se descomponen en cuatro factores: índice de carbonización, intensidad energética, PIB por habitante y población. El primer factor refleja la composición energética del país; el segundo se asocia a la eficiencia energética en la provisión de bienes y servicios; el tercero es una medida del nivel de riqueza del país, y el cuarto una medida de la población (véase el diagrama VII.1). Un inconveniente de este enfoque es que los factores pueden no ser independientes entre sí. No obstante, el modelo es muy útil para estimar escenarios prospectivos de largo plazo.

DIAGRAMA VII.1
ESCENARIOS DE MITIGACIÓN CON BASE EN EL MODELO IPAT



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

Múltiples factores influyen en el nivel de emisiones de CO₂e como el desarrollo económico, el consumo de energía, el crecimiento demográfico, el cambio tecnológico, la dotación de recursos, las estructuras institucionales, modelos de transporte, estilos de vida y comercio internacional. Para el análisis son especialmente útiles los indicadores de intensidad del uso de energía por unidad del PIB y el volumen de CO₂e por unidad de energía consumida.

En el cuadro VII.4 se presentan los supuestos del escenario base (2008-2100). Las tasas de crecimiento del PIB fueron obtenidas de los escenarios de crecimiento de la iniciativa ECC CA; las de población provienen de CELADE. Se tomaron las trayectorias de emisiones de los inventarios nacionales sin emisiones de CUT. El consumo de energía fue tomado de la perspectiva energética 2020. La tasa de crecimiento del PIB se tomó de las proyecciones del proyecto de la ECC CA. Las tasas del PIB y de la población disminuirían a lo largo del siglo. El crecimiento de la intensidad energética en 2020 sería de -2,02; para 2100 se espera que sea mayor, -1,61. La tasa de crecimiento de la relación de CO₂e/energía bajaría a 0,17 a mediados de siglo y para finales de siglo sería de -1,00, lo que indica el uso de energías más limpias.

CUADRO VII.4
GUATEMALA: SUPUESTOS DEL ESCENARIO BASE, 2008 A 2100
(En tasas de crecimiento anual)

Período	PIB	Población	Energía/PIB	CO ₂ e/Energía
2008 – 2020	3,5	2,35	-2,02	0,62
2020 – 2050	3,2	1,79	-1,40	0,17
2050 – 2100	3,1	0,20	-1,61	-1,00

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

En el cuadro VII.5 se muestra la proyección de las tasas de crecimiento anual de las emisiones de CO₂e sin CUT hasta 2100. Para 2020 se proyecta una tasa del 1,86%, que aumentaría a 2,20% a finales de 2030. Para la década de 2050 se espera una tasa del 1,87%, y para final de siglo una del 0,47%, que sería la más baja del siglo, debido a la baja tasa de crecimiento de la población y a la tasa negativa de la intensidad carbónica.

CUADRO VII.5
GUATEMALA: PROYECCIÓN DE LAS TASAS DE CRECIMIENTO ANUAL
DE LAS EMISIONES DE CO₂e (SIN CUT) A 2100
(En porcentajes)

2000-2010	2010-2020	2020-2030	2030-2050	2050-2100	2000-2100
2,64	1,86	2,20	1,87	0,47	1,27

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

A partir de la tasa de crecimiento estimada se obtuvo la cantidad de emisiones totales de CO₂. En el cuadro VII.6 se muestra el escenario tendencial de emisiones (sin CUT) a 2100. Para 2020 se esperarían más de 50.208.522 toneladas de CO₂e, y más de 90 millones de toneladas para 2050. La tendencia sigue en aumento hasta superar los 114 millones de toneladas de CO₂e, a finales de siglo. De acuerdo con las proporciones de emisiones estimadas de los países de la región, Guatemala aportaría más del 35% del total.

CUADRO VII.6
GUATEMALA: ESCENARIO TENDENCIAL DE EMISIONES DE CO₂e (SIN CUT) A 2100
(En toneladas de CO₂e)

2000	2010	2020	2030	2050	2100
32 182 693	41 764 785	50 208 522	62 414 679	90 494 909	114 179 565

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

En el cuadro VII.7 se muestra el escenario tendencial de CO₂e por habitante. Al considerar las estimaciones de CO₂e y la tasa de crecimiento de la población, resultaría un incremento constante de las emisiones por habitante, que podrían llegar a 2,78 toneladas de CO₂e por habitante en 2020 y a 3,70 toneladas por habitante para 2100, nivel inferior a la media estimada de la región en 2100: 5,91 toneladas por habitante.

CUADRO VII.7
GUATEMALA: ESCENARIO TENDENCIAL DE CO₂e POR HABITANTE (SIN CUT) A 2100
(En toneladas de CO₂e por habitante)

2000	2020	2050	2100
2,87	2,78	3,24	3,70

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Para mantener constantes las emisiones de GEI al nivel de 2000 se puede estimar la tasa de crecimiento de la intensidad carbónica requerida para ello. En el cuadro VII.8 se muestra que para Guatemala sería necesaria una tasa de crecimiento de la intensidad CO₂e/energía del -1,49% en 2020, del -1,78% para 2050, y del -1,44% para 2100. Se necesitan tasas negativas en todo el período, es decir, se requerirían fuentes de energías más limpias que las que predice el escenario tendencial.

CUADRO VII.8
GUATEMALA: TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA INTENSIDAD CARBÓNICA (CO_{2e} /ENERGÍA) ENTRE 2006 Y 2100 REQUERIDA PARA MANTENER CONSTANTES LAS EMISIONES DE GEI A NIVEL DE 2000
(En porcentajes)

2006–2020	2020–2050	2050–2100
-1,49	-1,78	-1,44

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Al estimar la diferencia entre las trayectorias del escenario tendencial y el escenario con estabilización al nivel de 2000 (emisiones constantes de 2000), se calcula el volumen de emisiones evitadas y se evalúan los costos acumulados de 2006 a 2100 (a valor presente neto –VPN– con el PIB de 2008 y tasas de descuento del 0,5%, 2%, 4% y 8%). Los costos son calculados sobre la base de precios de 10 dólares y 30 dólares la tonelada de carbono como rango del valor futuro de los bonos del carbono, si bien se reconoce que hay bastante incertidumbre sobre este mercado a corto plazo.

La diferencia entre el escenario base y el de emisiones constantes arroja un volumen de emisiones que permite calcular el costo de esta estabilización de emisiones. Esta valoración no incluye los costos de estabilización de las emisiones relacionadas con la deforestación, ni los costos sociales de reducir la intensidad carbónica en el escenario base. En el cuadro VII.9 se presentan los costos acumulados como porcentaje del PIB. A una tasa de descuento del 0,5%, a 2100 se tendrían costos de 2,92% del PIB de Guatemala de 2008 con costo por tonelada de CO_{2e} de diez dólares.

CUADRO VII.9
GUATEMALA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO ENTRE 2006 Y 2100 DE MANTENERSE CONSTANTES LAS EMISIONES DE GEI A NIVEL DE 2000
(En porcentajes del PIB de 2008 a valor presente neto)

Costo por tonelada (en dólares)	Costo (Como porcentaje del PIB)			
	Tasa de descuento			
	0.50%	2%	4%	8%
10	2,92	1,87	1,18	0,63
30	8,77	5,62	3,53	1,89

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Las decisiones de política nacional y de estrategia regional sobre la oportunidad y el costo de reducir emisiones tendrán que tomar en cuenta la evolución de los acuerdos internacionales y otras iniciativas regionales, bilaterales o unilaterales en la materia como medidas comerciales, mecanismos de financiamiento y acceso a tecnología. Los países de la región tienen experiencia en reducir las emisiones por medio del mecanismo de desarrollo limpio (MDL). En el cuadro VII.10 se muestran los diferentes MDL de Guatemala. El total de proyectos es 22, de los cuales 12 son de energía hidroeléctrica, seis para tratamiento de metano y residuos y cuatro para el uso de energía limpia.

CUADRO VII.10
GUATEMALA: PROYECTOS BAJO EL MECANISMO DE DESARROLLO LIMPIO (MDL)

Título	Otras partes	Tipo de proyecto	Reducción de CO ₂ e por año en toneladas	Estatus (Registro)	Escala
Proyecto hidroeléctrico "Las Vacas"	España	Planta hidroeléctrica con aguas residuales como fuente principal.	90 363	Inactivo y renovable (17/12/2005)	Gran escala
Plan hidroeléctrico Matanzas	Suiza	Contribuir al desarrollo sustentable local y nacional con la planta hidroeléctrica de Matanzas.	38 493	Inactivo (21/01/2006)	Pequeña escala
Plan hidroeléctrico San Isidro	Suiza	Contribuir al desarrollo sustentable local y nacional con la planta hidroeléctrica de San Isidro.	13 389	Inactivo (23/01/2006)	Pequeña escala
Proyecto hidroeléctrico Candelaria	Suiza	Generar electricidad con recursos hidroeléctricos y vender la producción generada a la red nacional.	18 922	Activo (09/11/2006)	Pequeña escala
Proyecto hidroeléctrico El Canadá	Canadá, Holanda, Finlandia, Francia, Suecia, Alemania, Japón, Noruega	Instalación de una planta hidroeléctrica sobre el río Samalá.	118 527	Activo (02/12/2006)	Gran escala
Geothermal Amatitlán	Reino Unido e Irlanda del Norte	Utilizar los recursos del campo geotérmico Amatitlán para generar energía renovable y enviarla a la red del sistema nacional.	82 978	Inactivo y renovable (12/12/2008)	Gran escala
Planta de energía de biogás del efluente de la planta de aceite de palma		Captura y combustión del gas metano de lagunas anaeróbicas para el tratamiento de las aguas residuales generadas en la Extractora del Atlántico.	30 333	Inactivo y renovable (06/04/2008)	Pequeña escala
Proyecto Hidroeléctrico Xacbal	Holanda	Producir electricidad a través de recursos renovables y contribuir a satisfacer la demanda del sistema eléctrico de Guatemala.	311 438	Activo y renovable (23/12/2008)	Gran escala e
Bioenergía Proyecto de generación de digestión anaeróbica y biogás	Reino Unido e Irlanda del Norte	Instalación de una planta de digestión anaeróbica en los servicios manufactureros (SEMA) para utilizar las aguas residuales de la destilería para producir biogás. El biogás generado se integrará a las calderas utilizadas actualmente por SEMA para producir vapor y ejecutar sus operaciones.	100 000	Inactivo y renovable (01/04/2009)	Gran escala
Co-composición del proyecto EFB y POME	Suiza	Reducir el potencial contaminante de los residuos agrícolas orgánicos de aguas superficiales y subterráneas mediante la aplicación de un proceso de compostaje aeróbico.	22 940	Inactivo y renovable (18/07/2009)	Pequeña escala
Proyecto de biogás Olmeca III, Tecún Umán	Suiza	Mitigar las emisiones de metano por la recuperación y combustión de Metano.	37 377	Activo y renovable (23/11/2009)	Gran escala e
Proyecto Hidroeléctrico Palo Viejo		Planta hidroeléctrica que usa la corriente del río Cotzal para producir energía basada en una fuente renovable.	258 423	Activo y renovable (02/04/2012)	Gran escala
Autobuses de Tránsito Rápido (BRT) en la ciudad de Guatemala		Establecer un medio de tránsito masivo, eficiente, seguro, rápido y efectivo basado en un sistema BRT.	536 148	Activo y renovable (03/07/2012)	Gran escala
Proyecto de energía eólica San Antonio El Sitio		Instalar 16 generadores de turbinas de viento. Se espera que provea de 122.382 GWh por año al sistema de interconexión nacional.	82 902	Activo (24/08/2012)	Gran escala
Proyecto Hidroeléctrico Canbalam I		Estación hidroeléctrica de escala pequeña instalada en el río Can Balam.	26 843	Activo y renovable (26/10/2012)	Pequeña escala
Proyecto Hidroeléctrico Montecristo		Generar energía eléctrica de una manera limpia y sin emisiones para el sistema de interconexión nacional usando el caudal del río Samalá.	33 016	Activo y renovable (19/12/2012)	Pequeña escala
Proyecto Hidroeléctrico Choloma		Generar energía renovable y venderla al mercado de energía guatemalteco.	18 926	Activo y renovable (28/12/2012)	Pequeña escala
Proyecto de gas de vertedero Zona 3		Producción de energía eléctrica a través de la captura y combustión de gas metano de vertederos para ser vendida en la red local de distribución	141 597	Activo y renovable (28/12/2012)	Gran escala
Proyecto de Biogás Olmeca I Santa Rosa		Generación de energía eléctrica a partir de la captura y combustión de biogás producido por el procesamiento de aceite de palma para ser vendido a una plantación de banana cercana.	55 338	Activo y renovable (31/12/2013)	Pequeña escala
Proyecto Hidroeléctrico Santa Rita		Construcción y operación de una planta hidroeléctrica.	52 131	Activo y renovable (20/01/2014)	Gran escala

Título	Otras partes	Tipo de proyecto	Reducción de CO ₂ e por año en toneladas	Estatus (Registro)	Escala
Proyecto de cogeneración Ingenio Magdalena S.A.		Mejorar el suministro de electricidad, aumentando la cuota de energía renovable en la generación, reduciendo la dependencia de los combustibles fósiles.	144 350	rechazado	Gran escala
Proyecto Hidroeléctrico Montecristo		Construir una planta hidroeléctrica que proporcione energía eléctrica limpia, libre de emisiones de GEI.	35 189	rechazado	Pequeña escala

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

Véase: <<https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>>.

RECUADRO VII.3 RECOMENDACIONES PARA GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y SOSTENIBILIDAD DE LA MATRIZ ENERGÉTICA Y MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Existen diversas opciones para reducir las emisiones del consumo energético, así como mejorar su eficiencia, tales como la adopción de las normas respectivas en vehículos de transporte y del uso doméstico e industrial, así como programas organizacionales urbanos. Por ejemplo, el incremento de la producción de energía de fuente hidroeléctrica puede reducir el consumo de otros energéticos.

Es necesario aprovechar el momento en que los países del SICA están colaborando en la Estrategia Energética Centroamericana 2030 (EESCA 2030) para crear una nueva matriz energética que tome en cuenta los criterios de la COP21, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y las prioridades regionales.

Se propone adoptar las bases del documento *Convergencia de políticas energéticas, incluyendo carbono, neutralidad y estrategias para el cumplimiento de las metas SE4ALL* de la CEPAL (2015b) y de los estudios adicionales presentados a los directores de energía e hidrocarburos de los países SICA:

- Analizar los efectos del cambio climático en las proyecciones de generación y demanda de energía, al igual que su incremento o decremento en períodos de emergencia.
- Considerar la vulnerabilidad de la infraestructura del sector energético y sus riesgos para la población. En el caso del gas natural, considerar los impactos negativos y las medidas de mitigación.
- Evaluar el impacto del cambio climático en la generación de biocombustibles, así como en sus límites de producción.
- Considerar políticas de precios que incluyan las externalidades que afectan al medio ambiente.
- Adaptar las metas de eficiencia energética considerando las estimaciones de demanda de energía.
- Evaluar la adaptabilidad al cambio climático de comunidades rurales con acceso a la electricidad.
- Examinar las buenas prácticas de gestión de cuencas, así como el acceso de los usuarios a ellas.

La finalidad es construir la matriz energética que incluya los escenarios de cambio climático para tener mayor certidumbre de las reducciones de los GEI planteados en los INDC. Los objetivos de la EESCA y su impacto en los ODS se deben evaluar de forma regular.

Fuente: CEPAL, CCAD, SICA y UKAID, 2010 y CEPAL, 2015b.

A manera de síntesis, Guatemala fue el país con menos emisiones de GEI en Centroamérica de acuerdo con los inventarios de emisiones de 2000, debido a que fue uno de los países con mayor absorción del uso de suelo. En el inventario de 2005, las emisiones de CO_{2e} por CUT representan 27% del total de las emisiones brutas totales (sin absorción por CUT). El mayor generador de emisiones fue el sector energía con el 39%, le siguieron el sector agropecuario con 25%, el de los procesos industriales con 5% y el de desechos con 4% de las emisiones brutas. Con respecto a las emisiones netas, las del CUT fueron negativas, es decir, las absorciones fueron mayores que las emisiones, por lo que las emisiones netas son 70% más bajas que las emisiones brutas. La intensidad de CO_{2e} por habitante sin cambio de uso de tierra fue de 2,7 toneladas en 2000, superior a la meta de dos toneladas por persona en 2050.

Entre los múltiples factores que influyen en el nivel de emisiones de CO_{2e} se identifican el desarrollo económico, el crecimiento demográfico, el cambio tecnológico, las fuentes de energía, las estructuras institucionales, los modelos de transporte, los estilos de vida y el comercio internacional. Con la metodología de la identidad de Kaya se obtuvieron estimaciones de las tasas de crecimiento de las emisiones de CO_{2e}. Para 2030 se estima una tasa de crecimiento anual del 2,2%; en 2050 la tasa bajaría al 1,9% y para 2100 bajaría al 0,5%. Entre los factores que pueden influir en una posible disminución del crecimiento de las emisiones hacia finales de siglo se encuentra la menor tasa de crecimiento de la población, que ocurriría es un escenario Business as Usual (BAU) antes del establecimiento de las INDC.

Las decisiones de política nacional y estrategia regional sobre la oportunidad y el costo de reducir emisiones tendrán que tomar en cuenta la evolución de los acuerdos internacionales y otras iniciativas regionales, bilaterales o unilaterales en la materia como medidas comerciales, mecanismos de financiamiento y acceso y promoción de tecnología. Las INDC de Guatemala fueron calculadas sobre la base de las capacidades nacionales y de las condiciones de financiamiento previstas. Guatemala se propone contribuir a la mitigación del cambio climático con una reducción del 22% de las emisiones para 2030 con respecto al escenario base 2005. Los sectores considerados en este rubro son bosques, agricultura y transporte. Los gases incluidos son dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄) y óxido nitroso (N₂O). Este compromiso está condicionado al apoyo internacional y a que los mecanismos de financiamiento se concreten.

VIII. ESCENARIO DE COSTOS ECONÓMICOS

Los impactos del cambio climático tienen costos económicos. Cuantificarlos es una tarea compleja que requiere combinar modelos científicos y económicos. Es necesario reconocer que en este campo hay muchos elementos difíciles de evaluar, como la irreversibilidad de la pérdida de ecosistemas, o los efectos de posibles eventos catastróficos. Una parte de la complejidad reside en trabajar con variables cuyo valor no se puede cuantificar en términos de mercado, como la pérdida y cambio en la biodiversidad. Más complejo aun cuando se proyectan costos de eventos futuros en una simulación de escenarios con una gran cantidad de supuestos sobre el comportamiento de las variables, lo que genera un margen de incertidumbre considerable en los resultados.

Los resultados iniciales de la iniciativa ECC CA indican que el cambio climático podría tener impactos negativos como reducción de rendimientos de granos básicos, conflictos sobre recursos hídricos, pérdida de biodiversidad y costos asociados a eventos extremos que aún son difíciles de evaluar y cuantificar a mediano y largo plazo. Las consecuencias de estos efectos generarán desempleo y migración. La seguridad humana se agravará de mantenerse la tendencia ascendente de las emisiones y la temperatura media del planeta.

Los costos estimados de los impactos del cambio climático sobre los recursos hídricos miden la cantidad de recursos que deberá invertirse para garantizar el abastecimiento de agua para consumo de los sectores municipal (incluye consumo humano directo) y agropecuario. La estimación realizada considera la diferencia entre las demandas del recurso hídrico en un escenario base y la demanda en los escenarios A2 y B2, además de los cambios en disponibilidad creados por estos. Estos modelos asumen supuestos como la evolución de las tarifas de agua.

Los costos acumulados en el sector de recursos hídricos se presentan en el cuadro VIII.1. En el escenario B2, el costo acumulado del impacto del cambio climático, con una tasa de descuento del 0,5%, podría ser del 0,96% en 2030 y 6,26% en 2100. Con una tasa de descuento del 4%, las proyecciones son 0,65% para 2030 y 1,68% para 2100. En el escenario A2 los costos serían mayores que en B2 en todos los casos. Con una tasa de descuento del 0,5%, los costos podrían llegar al 1,06% del PIB en 2030, y al 12,95% a final de siglo. Con una tasa del 4%, las proyecciones son 0,69% del PIB en 2030 y 1,96% para final de siglo.

Para estimar los costos económicos del cambio climático en la biodiversidad se usó el IBP y se hicieron valoraciones directas e indirectas (véase el capítulo V). Los costos fueron estimados en función de los cambios del IBP en los escenarios B2 y A2 en relación con el escenario base. Los resultados obtenidos son los costos acumulados al 2100 a valor presente neto del PIB de 2008 con diferentes tasas de descuento. En el cuadro VIII.2 se presentan los resultados.

La estimación de los costos directos del cambio climático sobre la biodiversidad de Guatemala, acumulados a 2100 en los escenarios B2 y A2, con tasa de descuento del 0,5%, serían equivalentes al 0,50% del PIB (en B2) y 2,19% (en A2). La estimación de los costos indirectos con tasa de descuento del 0,5% resultó ser: 18,75% del PIB en B2 y 28,29% en A2. El costo total con la misma tasa de descuento podría llegar al 19,25% y al 30,48% del PIB en B2 y A2, respectivamente. Se puede observar que los

costos del escenario A2 son mayores que los de B2. Los costos indirectos son más altos que los costos directos.

CUADRO VIII.1
GUATEMALA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS RECURSOS HÍDRICOS, ESCENARIOS B2 Y A2, A 2100

(En porcentajes del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasas de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
B2					
0,5 %	0,51	0,96	2,05	3,35	6,26
2%	0,46	0,80	1,47	2,06	2,94
4%	0,41	0,65	1,00	1,53	1,68
A2					
0,5 %	0,59	1,06	2,46	4,11	12,95
2%	0,52	0,88	1,72	2,47	5,12
4%	0,45	0,69	1,14	1,40	1,96

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

CUADRO VIII.2
GUATEMALA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA BIODIVERSIDAD CON COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS, ESCENARIOS B2 Y A2, 2100

(En porcentajes del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento	0,5%		2%		4%		8%	
Escenarios	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Costos directos	0,50	2,19	0,22	0,97	0,10	0,41	0,03	0,13
Costos indirectos	18,75	28,29	7,24	10,56	2,44	3,40	0,51	0,66
Costos totales	19,25	30,48	7,46	11,53	2,54	3,80	0,54	0,78

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La estimación de los costos económicos de los eventos extremos se hizo como una aproximación del impacto sobre el PIB y su significancia estadística con modelos econométricos. Se introdujo una variable para los costos asociados a los eventos extremos climatológicos en una función de producción (basada en Baritto, 2009). Se utilizó un modelo de datos panel que considera los registros de costos por inundaciones y tormentas tropicales en los siete países de la región, disponibles en EMDAT, incluyendo las 11 evaluaciones coordinadas por la CEPAL, período 1970-2008. El nivel del producto se aproxima por el PIB, el acervo de capital y el empleo en cada país. Debido a limitaciones de algunas series de empleo de los países, la estimación se hizo solo con el PIB y el acervo de capital. Un supuesto básico es que el aumento de costos frente al aumento de una unidad de intensidad es proporcional.

Las estimaciones iniciales del costo acumulado ante aumentos del 5% y el 10% de intensidad de tormentas y huracanes a 2100 se presentan en el cuadro VIII.3. Con un aumento acumulado del 5% y una tasa de descuento del 0,5%, el costo podría ascender a 4,66% del PIB. Con un aumento del 10% y una tasa de descuento del 0,5%, los costos podrían llegar al 9,10% del PIB. Con un incremento del 10% en la intensidad de los eventos extremos con respecto a la trayectoria observada en las últimas cuatro décadas, los costos acumulados a 2100 se duplicarían y tendrían un impacto mucho mayor sobre las trayectorias de crecimiento de largo plazo.

CUADRO VIII.3
GUATEMALA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO POR AUMENTOS DEL 5%
Y EL 10% EN LA INTENSIDAD DE TORMENTAS Y HURACANES, 2100
(En porcentajes del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento	0,5%	2,0%	4,0%	8,0%
Δ 5%	4,66	1,94	0,73	0,19
Δ 10%	9,10	3,78	1,42	0,38

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

En el cuadro VIII.4 se presenta el costo acumulado del impacto del cambio climático para el sector agrícola, los recursos hídricos, la biodiversidad y los eventos extremos de Guatemala con cortes en 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100. Las estimaciones se basaron en los impactos medibles de estos cuatro sectores, por lo que se pueden considerar como un costo parcial e inicial. Es necesario aclarar una vez más que existe un alto nivel de incertidumbre debido a la interacción entre las variables económicas y las condiciones del clima, así como por los aspectos sociales, políticos y culturales. Los costos en 2030 serían equivalentes al 3,29% del PIB de 2008 en el escenario B2 con una tasa de descuento de 0,5%. Los costos van aumentando en cada corte de tiempo hasta llegar al 37,67% en 2100 con la misma tasa de descuento. Con el 2% de tasa de descuento, los costos en 2030 serían de 2,71%; para 2050 aumentarían a 9,85% y para 2100 serían de 16,37%. Con el 4% de tasa de descuento, en 2030 los costos equivaldrían al 2,13%; para 2050 equivaldrían al 4,00% y para 2100 al 6,77%.

En el escenario A2, con una tasa de descuento del 0,5% se estima un costo acumulado como proporción del PIB de 2008 de 4,34% en 2030, de 11,91% en 2050 y un 63,63% para 2100. Con una tasa de descuento del 2%, para 2030 se proyectó un costo acumulado de 3,58% de PIB de 2008, 8,23% en 2050 y 25,84% al 2100. Con tasa de descuento del 4%, para 2030 se proyectó un costo acumulado de 2,83% de PIB de 2008, un 5,30% en 2050, y un 9,87% al 2100.

CUADRO VIII.4
GUATEMALA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO,
ESCENARIOS B2 Y A2 EN CUATRO ÁMBITOS A 2100
(En porcentajes del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
B2					
0,5 %	1,01	3,29	9,07	16,99	37,67
2%	0,91	2,71	6,25	9,85	16,37
4%	0,81	2,13	4,00	5,30	6,77
A2					
0,5 %	1,98	4,34	11,91	21,70	63,63
2%	1,78	3,58	8,23	12,70	25,84
4%	1,56	2,83	5,30	6,92	9,87

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

La estimación del costo acumulado en ausencia de respuestas y acciones para combatir el cambio climático se proyectó en 1,4% del PIB para 2020, en 2,3 para 2030, en 3,5% para 2050 y en 5,0% para 2100 (véase el cuadro VIII.5).

CUADRO VIII.5
GUATEMALA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUATRO
ÁMBITOS SIN MEDIDAS DE RESPUESTA, A 2100
(En porcentajes del PIB del año de reporte)

2020	2030	2050	2070	2100
1,4	2,3	3,5	3,5	5,0

Fuente: Elaboración propia, con base en datos de CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011.

Así, el costo acumulado del cambio climático en Guatemala, basado en los impactos en el sector agrícola, recursos hídricos, biodiversidad, huracanes, tormentas e inundaciones alcanzaría un máximo de 63,6% del PIB de 2008 a valor presente neto (VPN) con una tasa de descuento del 0,5% en el escenario A2. Los costos empezarían a acelerarse en el sector hídrico, en biodiversidad, agricultura y eventos extremos a partir de 2050. Este análisis sugiere que los costos serían significativamente mayores en un escenario de emisiones tendencial alto (escenario A2) que en un escenario de emisiones más bajo (escenario B2).

A manera de conclusión, la presión derivada del cambio climático provocará impactos negativos sobre la actividad agropecuaria, los recursos hídricos, la biodiversidad y los eventos extremos, generando costos contingentes en aumento, amenazando la supervivencia humana y los medios de vida, entre otros efectos. Por tratarse de escenarios futuros que integran diversas capas de análisis con sus respectivas incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados de este capítulo deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, y no como cifras exactas.

El análisis no estima el efecto acumulado futuro de prácticas productivas que minan la sostenibilidad, como la degradación y la erosión del suelo, que podrían contribuir a reducir aún más los rendimientos agrícolas, la generación hidroeléctrica y los efectos sobre enfermedades. Además, los análisis se enfocan en los niveles regional y departamental pero no caracterizan zonas de menor escala dentro de estas unidades geográficas. Las estimaciones realizadas en estos escenarios buscan identificar los impactos de cambios en temperatura y precipitación atribuibles al cambio climático y, por lo tanto, mantienen los valores históricos de las otras variables. Por tanto, las estimaciones deben ser interpretadas como escenarios posibles si no se toman medidas de adaptación. De esta forma alertan sobre la importancia estratégica de tomar mayores medidas proactivas y precautorias de inmediato.

CONCLUSIONES

Los datos arrojados por la iniciativa ECC CA, reportados a lo largo del presente documento, indican que el cambio climático podría traer impactos negativos directos, indirectos y crecientes para Guatemala. Las proyecciones arrojan una disminución significativa de los rendimientos de los cultivos de granos básicos, mientras la presión sobre los recursos hídricos crecería, así como las pérdidas de biodiversidad y otros costos asociados a eventos extremos. El impacto de estos efectos en el ingreso, el empleo, la migración y la seguridad humana sería mayor si la tendencia ascendente de las emisiones y la temperatura media del planeta se mantiene. Son efectos difíciles de evaluar y cuantificar a mediano y largo plazo.

Para disminuir los efectos de la variabilidad climática es necesario proteger los ecosistemas naturales y su biodiversidad, con mayor atención en los ecosistemas más frágiles. También es necesario analizar los impactos potenciales en agricultura, en consumo de agua, salud e hidroelectricidad. La información georreferenciada y desagregada por departamentos y regiones geoclimáticas y dividida temporalmente en cortes por patrones intranuales y a escalas menores, son herramientas importantes para formular acciones de adaptación en zonas geográficas específicas.

A pesar de que Guatemala es un país privilegiado al contar con una disponibilidad promedio de agua del doble del promedio mundial, el aumento de la población y los efectos adversos del aumento de la temperatura y cambios en los regímenes de precipitación podrían tener impactos directos en la disponibilidad total de agua renovable. Con base en el escenario A2, la disponibilidad total de agua renovable podría disminuir en 25% para 2030, 31% para 2050 y 62% para 2100 con respecto a 2000. Lo anterior sería equivalente de pasar de una disponibilidad anual de agua por habitante de 12.197 m³ a otra de 1.467 m³ hacia 2100. A partir de las proyecciones de temperatura y precipitación en el escenario A2 en la cuenca de la planta Chixoy de Guatemala, el impacto en la generación hidroeléctrica equivaldría a una disminución de la generación eléctrica del 13% para 2030, 23% para 2050 y del 63% para 2090 con respecto a la generación promedio de 1990.

La seguridad alimentaria y nutricional de Guatemala se verá amenazada por la variabilidad climática. Los escenarios de cambio climático futuro proyectan alta disminución de rendimientos de granos básicos, principalmente del arroz hacia 2050, pero también del maíz y el frijol hacia fines de siglo. De acuerdo con las estimaciones del impacto del cambio climático en el rendimiento nacional promedio de granos básicos, los rendimientos del maíz en Guatemala podrían disminuir en 7% hacia 2030, un 11% hacia 2050 y un 22% en 2100 en el escenario A2. Los rendimientos nacionales promedio de frijol podrían disminuir en 7% en 2030, un 9% en 2050 y un 17% en 2100 en el mismo escenario. Los rendimientos nacionales promedio de arroz podrían disminuir en un 10% en 2030, un 19% en 2050 y un 42% en 2100 en el escenario A2. Por su parte, según el análisis de la ECC CA, los rendimientos del café podrían reducirse en un 6% en 2030, un 12% en 2050 y un 36% en 2100 en el escenario A2. Los efectos de los eventos extremos de origen hidrometeorológico en el sector agropecuario impactan sobre los rendimientos y medios de vida de los productores, aumentando los desequilibrios sociales. Por ello la adopción de medidas para reducir y prevenir riesgos tiene gran relevancia como la disponibilidad

y acceso de instrumentos de aseguramiento agropecuario basados en índices climáticos dirigidos a los micros y pequeños productores agropecuarios y rurales.

En cuestión alimentaria y nutricional Guatemala enfrenta muchos y diversos retos ante el cambio climático. Uno de esos retos es transitar hacia una agricultura más sostenible y responsable que permita asegurar la alimentación y nutrición de segmentos poblacionales en condición de exclusión económica y social. Las acciones para ese cambio pueden ser ampliar las redes de productores, aumentar los servicios de innovación, difundir opciones de adaptación sostenible, cambiar las prácticas de cultivo, certificar los fertilizantes, almacenar y usar eficientemente el agua, y administrar los tiempos de siembra y de manejo postcosecha.

Es necesario reducir la producción en zonas no aptas por su tipo de suelo, orografía o clima, y aumentarlo en zonas aptas, con el debido respeto a los derechos de los productores y a la conservación de los ecosistemas. Algunas medidas para aumentar las zonas aptas son recuperar y rehabilitar tierras degradadas promoviendo su manejo sostenible con tecnologías apropiadas, especialmente en las áreas secas, y vincular explícitamente las decisiones de desarrollo agropecuario con las medidas y metas de freno a la deforestación y la conservación de servicios ambientales, incluyendo su función en la gestión integral del agua y como sumideros de carbono.

Los bosques y sus ecosistemas también se verán afectados por el cambio climático. Los enfoques aquí usados, el índice de biodiversidad potencial (IBP) y las zonas de vida de Holdridge (ZVH), prevén que las pérdidas de biodiversidad se traducirían en grandes pérdidas económicas en Guatemala. El IBP nacional bajaría aproximadamente 16% en 2030, 21% en 2050 y 21% en 2100 con base en el escenario de CUT tendencial (sin cambio climático). En escenarios de cambio climático, el IBP disminuiría 33% en 2030, 46% en 2050 y 75% en 2100 en el escenario A2. No obstante, antes de llegar a conclusiones definitivas se debe reconocer la dificultad de realizar valoraciones adecuadas y completas de todos los bienes y servicios ambientales que provee la biodiversidad.

Una manera directa y recomendable de conservar la biodiversidad es aumentar las áreas naturales protegidas (ANP) y los corredores biológicos. Se propone fomentar la agricultura y el aprovechamiento forestal sostenibles, y fomentar los cultivos locales resistentes al cambio climático. Para la conservación de los bosques es indispensable la participación de las comunidades locales, que poseen conocimientos tradicionales de preservación y de adaptación que deben ser valorados. También se debe mejorar de la gestión de los bosques, el control de eventos como tala e incendios forestales.

Las inundaciones, los huracanes y las sequías prolongadas asociadas al cambio climático y el incremento de la temperatura favorecen la propagación de vectores que diseminan enfermedades sensibles al clima como el dengue, malaria, de Zika, chikunguña, mal de Chagas y diarreas agudas. El análisis del impacto del cambio climático en la salud humana requiere considerar las implicaciones de cambios en temperatura, precipitación y estructuras demográficas en distintos escenarios, generar pronósticos de los riesgos en salud e incorporar los modelos de nicho ecológico para analizar los cambios de distribución de las especies o vectores que transmiten enfermedades. También es recomendable integrar variables de condiciones de vulnerabilidad económica, social y ambiental como pobreza, ingresos, inequidad, desigualdad, falta de acceso efectivo a los servicios de salud, capacidad de respuesta institucional y degradación ambiental.

Guatemala genera el 0,3% de las emisiones de GEI a nivel mundial y fue el país con menos emisiones de GEI en Centroamérica de acuerdo con los inventarios de emisiones de 2000. No obstante, mantiene su compromiso de reducirlas. La actividad del país que genera más emisiones en 2005, sin tomar en cuenta las absorciones, es la energía con 39%. El cambio de uso de tierra (CUT) genera el 27%.

La agricultura genera el 25%, y los procesos industriales y los desechos 5% y 4% respectivamente. El escenario tendencial indica que las emisiones de GEI seguirían aumentando hasta mediados de siglo cuando la tasa de crecimiento podría disminuir por la reducción de la tasa de crecimiento de la población. En el escenario tendencial, a finales de siglo se emitirán a la atmósfera 3,7 toneladas de CO₂e por habitante al año. Existen diversas opciones para reducir y mejorar el consumo de energéticos, como la normatividad en vehículos de transporte en el uso doméstico e industrial. Así como el incremento de la producción de energía de fuentes limpias como la hidroeléctrica y el mejor acopio y aprovechamiento de los desechos.

El impacto del cambio climático generaría costos acumulados que afectarían a Guatemala para finales de siglo en diversos ámbitos. Por eventos hidrometeorológicos, el sector agrícola, los recursos hídricos y la biodiversidad, los datos muestran que en el escenario B2 y con una tasa de descuento de 0,5% los costos podrían llegar a 37,67% del PIB de 2008; con el escenario A2 podría ser de 63,63%. Sin embargo, existe un alto nivel de incertidumbre debido a la interacción entre las variables económicas y las condiciones del clima, como por aspectos sociales, políticos y culturales.

Al considerar las circunstancias y prioridades de desarrollo establecidas por Guatemala, se propone priorizar medidas y políticas públicas que impulsen la adaptación diseñada para lograr una mejor sostenibilidad e inclusión, integradas a acciones de reducción de la pobreza y de la vulnerabilidad al cambio climático y a los eventos extremos. Dentro de este orden de prioridades se propone fomentar la transición a economías ambientalmente sostenibles y bajas en emisiones de GEI y otros contaminantes. Esto requiere un esfuerzo para identificar los riesgos y las medidas para diversas regiones y sectores según metas de desarrollo, como la reducción de la pobreza, la gestión del agua, la agricultura, la seguridad alimentaria, la protección de los ecosistemas, la seguridad y la eficiencia energéticas, el ordenamiento territorial y la articulación estratégica entre instituciones para maximizar los cobeneficios y minimizar los costos de adaptación y mitigación en los sectores. Debe ser enfatizado que la respuesta a los objetivos de la Agenda ODS 2030 requiere una mejora significativa de la coordinación entre sectores, instituciones y disciplinas, como lo puntualiza el ODS 17.

Así, la Agenda 2030 con sus metas interrelacionadas coincide cercanamente con la agenda de los sectores y políticas públicas para impulsar la adaptación sostenible e incluyente con una transición a economías ambientalmente sostenibles y bajas en emisiones de GEI. La Agenda 2030 evidencia el vínculo entre la reducción de estas emisiones y la necesidad urgente de evolucionar a patrones de producción y consumo cualitativamente más sostenibles. El esfuerzo de respuesta articulada por sectores podría beneficiarse de un enfoque que ponga mayor atención a bienes y servicios públicos comunes e intergeneracionales como el clima, el agua, la seguridad alimentaria, la seguridad energética y el transporte público. Se requiere desarrollar políticas fiscales, comerciales, tecnológicas y educativas facilitadoras de estas medidas. Finalmente, cuando un país participa en sistemas de integración o en acuerdos bilaterales, regionales o internacionales, se debe procurar que haya un valor agregado en su respuesta al cambio climático.

Al priorizar políticas públicas sostenibles, incluyentes y articuladas, la sociedad guatemalteca deberá evitar estrategias *ad hoc* de lógica inercial que podrían resolver urgencias pero que profundizarían riesgos, que podrían resolver situaciones en un sector a costa de otro, o que manejaran en forma separada las medidas de adaptación de las de desarrollo sostenible y mitigación de GEI. Por ejemplo, el avance en la protección y restauración de bosques con el acceso y uso eficiente de energía que reduzca la pobreza energética son partes de una agenda de desarrollo sostenible que podría generar beneficios simultáneos para todos los ámbitos y actores, incluyendo a los pueblos indígenas.

Considerando que el 54% de la población de Guatemala vive en condiciones de pobreza, la vinculación de las respuestas al cambio climático con los programas de reducción de la pobreza, la mejora de la calidad de vida y la ampliación de las oportunidades de la población serían una importante apuesta para el país. Los múltiples impactos directos e indirectos del cambio climático exacerbarán las diferentes formas y fuentes de vulnerabilidad de determinadas poblaciones, sobre todo si no se realizan acciones de previsión inmediatas. Para tal efecto se requiere considerar las múltiples dimensiones de los procesos y experiencias de pobreza, como lo hace el enfoque de capacidades y oportunidades de Amartya Sen (1999). Esto exige un análisis de la capacidad de las personas para adaptarse al cambio climático no solo en función de la disponibilidad de recursos económicos, naturales, educativos y sanitarios, sino de su habilidad para aprovecharlos. Todo esto sin dejar de admitir que habrá límites de adaptación, con pérdidas y daños no reparables, aun si hubiera financiamiento suficiente.

Desde la perspectiva económica, además de las consideraciones éticas, es más rentable actuar ahora que dejar el problema a las generaciones futuras. Los resultados de las investigaciones demuestran que el costo presente de los impactos del cambio climático se multiplicará a la postre si no tomamos medidas ambiciosas e inmediatas. Las investigaciones confirman también que el cambio climático es el mayor fracaso del mercado jamás visto por no internalizar el valor del clima como bien público global y no registrar adecuadamente sus impactos en la sociedad y en los servicios ambientales. Esto implica que, más allá de la valoración económica, se requiere tomar decisiones éticas sobre la distribución de costos entre las generaciones, valorando las necesidades de las generaciones futuras. Un análisis similar se tendría que hacer sobre los ecosistemas que prestan múltiples servicios ambientales que perderemos antes de que el mercado sea capaz de registrar las pérdidas y envíe señales para motivar su manejo adecuado.

Debido a que es una falla de mercado que expresa la insostenibilidad del actual estilo de desarrollo y que tiene profundos impactos en la economía, el cambio climático no puede ser tratado como responsabilidad exclusiva de las instituciones ambientales, sino como un problema económico central y transversal con serias implicaciones fiscales. Constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas en forma creciente, que ya enfrentan grandes demandas por los impactos de eventos extremos. Es urgente, pues, hacer frente al desafío de estos fenómenos en forma proactiva. De otro modo, la actual generación sufrirá mayores costos y deterioro por los eventos extremos y las generaciones futuras cargarán con costos de adaptación muy altos, y la transición a economías más sostenibles, bajas en emisiones de GEI, será tardía y caótica.

Responder de forma sostenible e incluyente al reto de cambio climático implica una serie de desafíos multisectoriales que deben enfrentarse con respuestas particulares para cada sector y con instancias de articulación intersectorial que faciliten los aportes del sector público, el sector privado, la ciudadanía y sus organizaciones civiles, el sector académico, las instituciones de integración y la comunidad internacional. Dichas respuestas deben ser parte integral de los planes de desarrollo nacional y de reducción de la pobreza, con un esfuerzo especial para maximizar los cobeneficios y minimizar los costos intersectoriales de las acciones propuestas. Esto conlleva una mayor atención a bienes y servicios comunes públicos intergeneracionales como el clima, el agua, la seguridad alimentaria, la seguridad energética y el transporte público.

Frente a los impactos antes expuestos y a los compromisos de Guatemala de contribuir a la lucha contra el cambio climático, se vuelve indispensable contar con una política que responda a estos desafíos. En 2009, a través del Acuerdo Gubernativo 329-2009, se aprueba la Política Nacional de Cambio Climático, formulada por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN). Esta política se crea para definir con claridad los objetivos que se deben perseguir como país y presentar

las pautas que todos los actores y sectores deben asumir para que sus acciones contribuyan a lograr efectivamente dichos objetivos.

Guatemala cuenta con la Ley Marco para Regular la Reducción de la Vulnerabilidad, la Adaptación Obligatoria ante los Efectos del Cambio Climático y la Mitigación de Gases de Efecto Invernadero (Decreto N° 7-2013 del Congreso de la República), que determina mecanismos e instrumentos para dar respuesta a la problemática actual en materia de cambio climático. El MARN es el ente rector a nivel nacional en el tema de cambio climático. Dicho ministerio cuenta con un Viceministerio de Recursos Naturales y Cambio Climático, que vela porque se formulen e implementen las políticas ambientales, de recursos naturales y cambio climático, tales como la Política Nacional y la Ley de Cambio Climático que busca reducir la vulnerabilidad, adaptarse al cambio climático y reducir la emisión de GEI.

A través de la Ley Marco de Cambio Climático se crea el Consejo Nacional de Cambio Climático (CNCC), que funciona como un ente regulador que supervisa la implementación de acciones y resolución de conflictos para dar seguimiento a la ejecución de dicha ley. El CNCC es presidido por el Presidente de la República y en él participan representantes de distintos sectores: gubernamental, no gubernamental, organizaciones indígenas, organizaciones campesinas, sector privado, municipalidades y académico.

Como asesor permanente en el Consejo, se encuentra el Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático (SGCCC). Este es un ente fundado en 2014 por diez instituciones: cinco universidades, dos centros de investigación social, dos instituciones de gobierno, y un instituto de investigación privado. La función del SGCCC es revisar y generar información científica y trasladarla a los tomadores de decisiones políticas en lo que respecta a los principales componentes del cambio climático, a saber: Ciencia del Clima, Adaptación y Vulnerabilidad, y Mitigación e Inventarios de GEI.

Entre los mecanismos que determina la Ley Marco de Cambio Climático se encuentra la elaboración e implementación de un Plan de Acción Nacional de Cambio Climático (PANCC), cuyo objetivo principal es definir, de forma clara y ordenada, las principales acciones y lineamientos que las instituciones de gobierno y demás sectores deberán seguir para contribuir a la reducción de la vulnerabilidad, mejorar la capacidad de adaptación y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero. El PANCC deberá ser actualizado conforme a los resultados de las Comunicaciones Nacionales de Cambio Climático. Actualmente, se cuenta con la Primera y Segunda Comunicación Nacional sobre Cambio Climático, publicadas en 2001 y 2015, respectivamente. Como parte de los compromisos internacionales adquiridos, el país está obligado a realizar estas comunicaciones periódicamente. El MARN ya está trabajando en la elaboración de la Tercera Comunicación.

Por otra parte, el MARN ha iniciado la conformación del Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático (SNICC), que servirá como plataforma para que todas las entidades públicas y privadas proporcionen información relacionada con cambio climático, especialmente en cuanto a emisiones y reducción de gases de efecto invernadero, vulnerabilidad y adaptación. Toda esta información es necesaria y vital para que la población esté mejor informada y pueda prepararse para enfrentar este reto global.

Actualmente se está elaborando el Primer Reporte de Evaluación del Conocimiento del Cambio Climático en Guatemala. Este documento busca evaluar la información científica y el conocimiento tradicional indígena existente en el país relacionado con el cambio climático, como insumo para planificar, fortalecer la ciencia y las políticas públicas, y formular planes de acción territorial. Este

reporte será un insumo que visibilice al país y a la región centroamericana en el Sexto Informe de Evaluación que elaborará el IPCC a partir de 2018.

Ahora, el reto a escala nacional es implementar las respuestas, articulando acciones entre sectores e involucrando a todos los actores de la sociedad. A nivel global, el reto es cerrar las brechas de reducción de emisiones y de apoyo internacional para implementar respuestas a la adaptación sostenible e incluyente en los países en vías de desarrollo y las poblaciones que viven en pobreza. La ventana de oportunidad que tenemos, tanto a escala nacional como a escala global, requiere redoblar esfuerzos.

BIBLIOGRAFÍA

- AfDB y otros (African Development Bank) (2007), *Poverty and Climate Change: Reducing the Vulnerability of the Poor Through Adaptation*, Banco Mundial.
- AFP (Agence France-Presse) (2010), «Alex Strengthens Into Tropical Storm, Kills 10 in Nicaragua, Guatemala and El Salvador» [en línea] <<http://www.news.com.au/breaking-news/alex-has-strengthened-into-tropical-storm/story-e6frfku0-1225885199885>>.
- Allen, M. R. y otros (2007), «Scientific challenges in the attribution of harm to human influence on climate», *University of Pennsylvania Law Review*, vol. 155, N° 6, págs. 1353-1400.
- Banco Mundial (2014), «Record Drought in Central America: Four Countries, 40 Days without Rain, Two Million Facing Hunger» [en línea] <<http://www.worldbank.org/en/news/feature/2014/09/10/sequias-centroamerica>>.
- ____ (2013), *Guatemala Estudio de factibilidad para el diseño e implementación de una cobertura indexada a nivel macro contra sequía para la seguridad alimentaria*, Guatemala, octubre.
- BBC (The British Broadcasting Corporation) (2005), «Guatemala: Stan supera a Mitch» [en línea] <http://news.bbc.co.uk/hi/spanish/latin_america/newsid_4323000/4323826.st>.
- Baritto, F. (2009), *Disasters, Vulnerability and Resilience from a Macro-Economic Perspective*, Background paper for the 2009 ISDR Global assessment report on disaster risk reduction.
- Barrios, R., J. Stansbury, R. Palencia y M. Medina (2000), «Nutritional Status of Children Under 5 Years of Age in Three Hurricane-Affected Areas of Honduras», *Revista Panamericana de Salud Pública*, 8, págs. 380-384.
- Bates, B. y otros (2008), *Climate Change and Water*, Documento Técnico, Intergovernmental Panel on Climate Change, Ginebra.
- Bern, C. y otros (2000), «The contrasting epidemiology of Cyclospora and Cryptosporidium among outpatients in Guatemala», *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 63(5), pág. 231.
- Bindoff, N. y otros (2013), «Detection and attribution: from global to regional», en *Climate Change, 2013. Contribution of Working Group 1 to the Fifth Assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker T. y otros (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, N.Y.
- Borenstein, M. y otros (2009), *Introduction to Meta-Analysis*, John Wiley and Sons, New York.
- Carey, J. (2011), «Global warming and the science of extreme weather», *Scientific American*, 29 de junio.
- CCAD/Banco Mundial (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo/Banco Mundial) (2010), «Base de datos SIG de Mesoamérica» [en línea] <<http://www.ccad.ws/documentos/mapas.html>>.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza) (2009), «Base de datos del Programa Cambio Climático», Turrialba, Costa Rica.
- CAZALAC/PHI/UNESCO (Centro de Aguas para Zonas Áridas y Semiáridas/Programa Hidrológico Internacional/Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura) (2005), *ATLAS de zonas áridas de América Latina y el Caribe*, elaborado por Koen Verbist, Fernando Santibáñez, Donald Gabriels y Guido Soto, PHI-VII, documento técnico N° 25.

- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2016), *Horizontes 2030: la igualdad en el centro del desarrollo sostenible*, LC/G.2660/Rev.1, Santiago, Chile.
- ____ (2015a), *Producto Interno Bruto, pobreza y cambio climático en Centroamérica: una exploración metodológica inicial*, LC/MEX/L.1198, México, D.F.
- ____ (2015b), *Convergencia de políticas energéticas, incluyendo carbono neutralidad y estrategias para el cumplimiento de las metas de SE4ALL*, publicación de las Naciones Unidas, México, D. F., inédito.
- ____ (2011a), *Estudio sectorial regional sobre energía y cambio climático en Centroamérica*, LC/MEX/L.1048, México, D.F.
- ____ (2011b), *Resumen regional del impacto de la depresión tropical 12-E en Centroamérica, Cuantificación de daños y pérdidas sufridos por los países de la región en el mes de octubre de 2011: Algunas reflexiones sobre la nueva "normalidad" de los desastres*, LC/MEX/L.1060, México, D.F.
- ____ (2011c), *Variabilidad climática y eventos extremos en Centroamérica: reporte exploratorio*, inédito.
- ____ (2010), *La hora de la igualdad, brechas por cerrar, caminos por abrir, Síntesis*, Trigésimo tercer período de sesiones de la CEPAL Brasilia, Santiago, Chile.
- ____ (2009), *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe. Una reseña*, Documentos de proyectos.
- CEPAL/CAC-SICA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Consejo Agropecuario Centroamericano-Sistema de Integración Centroamericano) (2015), *Microseguros agropecuarios y gestión integral de riesgos en Centroamérica y la República Dominicana: Lineamientos estratégicos para su desarrollo y fortalecimiento*, LC/MEX/L.1194, México, D. F.
- ____ (2014), *Impactos potenciales del cambio climático sobre el café en Centroamérica*, LC/MEX/L.1169, México, D. F.
- ____ (2013a), *Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básicos en Centroamérica*, LC/MEX/L.1123, México D.F.
- ____ (2013b), *Gestión integral de riesgos y seguros agropecuarios en Centroamérica y la República Dominicana: Situación actual y líneas de acción potenciales*, LC/MEX/L.1122, México, D. F.
- CEPAL/CAC/COMISCA/CCAD/COSEFIN/SIECA/SICA/UKAID/DANIDA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Consejo Agropecuario Centroamericano/Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y República Dominicana/Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo/Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana/Secretaría de Integración Económica Centroamericana/Sistema de la Integración Centroamericana/Departamento del Gobierno Británico de Desarrollo Internacional/Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2015), *Cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales y opciones de política pública*, LC/MEX/L.1196, México, D. F.
- CEPAL/CCAD-SICA/UKAID/DANIDA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo-Sistema de la Integración Centroamericana/Departamento del Gobierno Británico de Desarrollo Internacional/Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2011), *La economía del cambio climático en Centroamérica. Reporte técnico 2011*, LC/MEX/L.1016, México, D.F.
- CEPAL/CEL/MARN/COSEFIN/CCAD-SICA/UKAID/DANIDA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa de El Salvador/Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador/Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo-Sistema de la Integración Centroamericana/Departamento del Gobierno Británico de Desarrollo Internacional/Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2012), *La economía del cambio climático en Centroamérica: Dos casos de impactos potenciales en la generación de hidroelectricidad. Serie técnica 2012*, LC/MEX/L.1070, México, D. F.

- CEPAL/COSEFIN/CCDA-SICA/COMISCA/UKAID/DANIDA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana/Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo-Sistema de la Integración Centroamericana/Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y República Dominicana/Departamento del Gobierno Británico de Desarrollo Internacional/Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2012), *La economía del cambio climático en Centroamérica: evidencia de las enfermedades sensibles al clima. Serie técnica 2012*, LC/MEX/L.1069, México, D. F.
- CEPAL/COSEFIN/CCAD-SICA/UKAID/DANIDA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana/Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo-Sistema de la Integración Centroamericana/Departamento del Gobierno Británico de Desarrollo Internacional/Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2012a), *La economía del cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales en los patrones intranuales y espaciales del clima. Serie técnica 2012*, LC/MEX/L.1073, México, D.F.
- _____(2012b), *La economía del cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales en la aridez y los meses secos. Serie técnica 2012*, LC/MEX/L.1074, México, D.F.
- _____(2012c), *La economía del cambio climático: impactos potenciales de los ecosistemas. Serie técnica 2012*, LC/MEX/L.1077, México D.F.
- _____(2012d), *La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2012*, LC/MEX/L.1076, México D.F.
- CEPAL/Estado de la Región (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Estado de la Región) (2015), *Convergencia de políticas energéticas, incluyendo carbono neutralidad y estrategias para el cumplimiento de las metas de SE4ALL*, inédito.
- CEPAL/SEGEPLAN (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Secretaría de Planificación y Programación de la Presidencia) (2005), *Efectos en Guatemala de las lluvias torrenciales y la tormenta tropical STAN*, LC/MEX/R.895, México, D.F.
- CEPALSTAT (Base de datos y Publicaciones Estadísticas de CEPAL) (2016), [en línea] <http://estadisticas.cepal.org/cepalstat/WEB_CEPALSTAT/Portada.asp>.
- CEPAL/UKAID/CCAD/SICA (Comisión Económica para América Latina y el Caribe/Departamento del Gobierno Británico de Desarrollo Internacional/Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo-Sistema de la Integración Centroamericana) (2010), *La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2010*, LC/MEX/L.978, México, D.F.
- CELADE (Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía) (2017), [en línea] <<http://www.cepal.org/en/acerca-de-poblacion-y-desarrollo>>.
- Clean Development Mechanism, [en línea] <<https://cdm.unfccc.int/Projects/projsearch.html>>.
- COMISCA (Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y República Dominicana) (2009), *Plan de salud de Centroamérica y República Dominicana 2010-2015*, San José, Costa Rica, pág. 131.
- Convit, J. y otros (2005), «Atypical cutaneous leishmaniasis in Central America: possible interaction between infectious and environmental elements», *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene* 99(1), págs. 13-17.
- Cook, D. M. y otros (2009), «A retrospective analysis of prevalence of gastrointestinal parasites among school children in the Palajunoj Valley of Guatemala», *Journal of Health, Population and Nutrition* 27(1), págs. 31-40.
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) (2017), «Emergency Events Database Em-Dat: The International Disaster Database», Bruselas [en línea] <<http://www.emdat.be>>.

- DARA (El Monitor de Vulnerabilidad Climática) (2012), *Methodology Note. Methodological Documentation for the Climate Vulnerability Monitor*, 2nd. edition, Madrid.
- DEPN (Departamento de Estudios de Problemas Nacionales) (2013), *Economía política del café guatemalteco*, Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala.
- EM-DAT (Emergency Events Database), *The International Disaster Database*, Bruselas, CRED.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2015), «Major Crop Losses in Central America due to El Niño» [en línea] <<http://www.fao.org/news/story/en/item/328614/icode/>>.
- ____ (2010), «AQUASTAT. FAO's Information System on Water and Agriculture» [en línea] <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>>.
- ____ (2008), «Ingeniería de Alimentos calidad y competitividad en sistemas de la pequeña industria alimentaria con énfasis en América Latina y el Caribe», *Boletín de Servicios Agrícolas* 156, ISBN 978-92-5-305250-9.
- ____ (2007), *Cambio climático y seguridad alimentaria: un documento marco*, Grupo de trabajo interdepartamental de la FAO sobre cambio climático, Roma.
- ____ (1983), «El reciclaje de materia orgánica en la agricultura de América Latina. Informe», *Boletín de Suelos de la FAO* N° 51.
- FAO/ETEA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Escuela Superior de Técnica Empresarial Agrícola) (2008), *Desarrollo rural y seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica desde la perspectiva del proceso de integración: balances y retos*, Fundación ETEA para el desarrollo y la cooperación y FAO.
- FAO/FIDA/PMA (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación/Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola/Programa Mundial de Alimentos) (2013), «El estado de la inseguridad alimentaria en el mundo 2013», Publicación de la FAO, Roma.
- FAOSTAT, [base de datos en línea] <<http://www.fao.org/faostat/es/#home>>, FAO.
- FEWS NET (*Famine Early Warning Systems Network*/Red de Sistemas de Alerta Temprana contra la Hambruna) (2015a), «Guatemala. Actualización de la perspectiva de Seguridad Alimentaria. Crisis en el corredor seco en ausencia de asistencia» [en línea] <http://www.fews.net/sites/default/files/documents/reports/Guatemala_FSOU_2015_08.pdf>.
- ____ (2015b), «Sequía amenaza a 3,5 millones de personas en ausencia de asistencia» [en línea] <<http://www.fews.net/es/central-america-and-caribbean/alert/october-16-2015>>.
- ____ (2014), «Hogares en crisis en altiplano guatemalteco y suroccidente hondureño a partir de marzo» [en línea] <http://www.fews.net/sites/default/files/documents/reports/CA_Alerta_2014_Dic_20_0.pdf>.
- FEWS NET/RUTA/PROMECAFE (Red de Sistemas de Alerta Temprana contra la Hambruna/Unidad Regional para el Desarrollo Sostenible-CAC/Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura) (2014), «Ingresos de productores y jornaleros del café se reducirán por segundo año consecutivo», *Informe Especial Centroamérica*.
- Fleischer, A., I. Lichtman y R. Mendelsohn (2007), «Climate change, irrigation, and Israeli agriculture: will warming be harmful?», *Policy Research Working Paper*, N° 4135, Banco Mundial.
- Fuentes López, M. R. y otros (2005), *Maíz para Guatemala. Propuesta para la reactivación de la cadena agroalimentaria del maíz blanco y amarillo*, FAO Representación en Guatemala, Guatemala.
- Glass, G.V., B. McGaw y M.L. Smith (1981), *Meta-Analysis in Social Research*, Sage Publications, Beverly Hills.
- Gobierno de Guatemala/MARN (Gobierno de Guatemala/Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala) (2015), «Contribución prevista y determinada a nivel nacional. Guatemala» [en línea] <<http://www4.unfccc.int/submissions/INDC/Published%20Documents/Guatemala/1/Gobierno%20de%20Guatemala%20INDC-UNFCCC%20Sept%202015.pdf>>.

- Gutiérrez, M.F. y otros (2005), «Comportamiento de la diarrea causada por virus y bacterias en regiones cercanas a la zona ecuatorial», *Colombia Médica*, vol. 36, N° 4, (supl. 3), octubre–diciembre.
- Hannah, L. y otros (2002), «Conservation of biodiversity in a changing climate», *Conservation Biology*, vol. 16, N° 1, págs. 264-268.
- Hassan, H. y H. Dregne (1997), «Natural Habitats and Ecosystems Management in Drylands: An Overview», *Natural Habitats and Ecosystems Management Series. Environment Department Papers*, Washington, D. C., World Bank.
- Hegerl, G. C. y F. W. Zwiers (2011), «Use of models in detection and attribution of climate change», *WIREs: Climate Change*, vol. 2, N° 4, págs. 570-591.
- Hijmans, R.J. y otros (2005), «Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas», *International Journal of Climatology*, vol. 25, págs. 1965-1978.
- Holdridge, L. (2000), *Ecología basada en zonas de vida*, IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura), San José, Costa Rica.
- Holdridge, L. R. y otros (1971), *Forest Environments in Tropical Life Zones: A Pilot Study*, Pergamon Press, Oxford.
- Hughes, B. (2008), «International Futures: The IFs Model», documento presentado en la reunión anual en ISA's 49th Annual Convention, Bridging Multiple Divides, Hilton San Francisco, San Francisco, CA.
- Hulme, M. (2014), «Attributing weather extremes to 'climate change': A review», *Progress in Physical Geography*, vol. 38(4), SAGE Journals, Londres.
- INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad) (2004), *Biodiversidad en Centroamérica*.
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Guatemala) (2004), *IV Censo Nacional Agropecuario de Guatemala*.
- INSIVUMEH (Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología), <http://www.insivumeh.gob.gt/http://www.insivumeh.gob.gt/>.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2014), «Cambio climático 2014: impactos, adaptación y vulnerabilidad», *Quinto informe de evaluación del grupo intergubernamental de expertos sobre el cambio climático*, Cambridge University Press.
- _____(2011), «Summary for policymakers», en *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C. B., V. Barros, T. F. Stocker, D. Qin, D. Dokken, K. L. Ebi, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, G. K. Plattner, M. Tignor, y P. M. Midgley (eds.)], Cambridge University Press.
- _____(2007a), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.
- _____(2007b), *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 cambio climático*, Cambridge University Press.
- _____(2004), «Glosario de términos utilizados en el Tercer Informe de Evaluación del IPCC» [en línea] <<http://www.ipcc.ch/pdf/glossary/tar-ipcc-terms-sp.pdf>>.
- _____(2003), *Definitions and Methodological Options to Inventory Emissions from Direct Human-Induced Degradation of Forests and Devegetation of other Vegetation Types*, Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japón.
- _____(2000), *Climate Change 2000: IPCC Special report on emissions scenarios. A special report of IPCC Working Group III*, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA (US), Environmental Molecular Sciences Laboratory (US).
- _____(1996), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, Reino Unido.

- IPCC/OMM/PNUMA (*Intergovernmental Panel on Climate Change/Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático/Organización Meteorológica Mundial/Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*) (2007), *Evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y del potencial de adaptación en América Latina*, Naciones Unidas, Lima, Perú.
- Jiménez, B. y T. Asano (2008), *Water Reuse: An International Survey of Current Practice, Issues and Needs*, Londres, Reino Unido, IWA Publishing.
- Kreft, S. y otros (2017), *Global Climate Risk Index 2018. Who Suffers most from Extreme Weather Events? Weather-Related Loss Events in 2016 and 1997 to 2016*, Germanwatch E. V., Bonn, Alemania.
- Lépiz I., R. (1983), "Origen y descripción botánica", en *Frijol en el Noroeste de México*, Tecnologías de producción, SARHINIA-CIPAC, CAEVACU, CPIPEAS, Culiacán, Sinaloa, México.
- Loa, E. y otros (1996), *La biodiversidad biológica de México. Estudio de país*, México, CONABIO.
- Locatelli, B. y P. Imbach (2010), «Migración de ecosistemas bajo escenarios de cambio climático: el rol de los corredores biológicos en Costa Rica» en Martínez y otros (eds.), *Adaptación al cambio climático y servicios ecosistémicos en América Latina, Libro de actas del Seminario Internacional sobre Adaptación al Cambio climático: el Rol de los Servicios Ecosistémicos*, Turrialba, Costa Rica.
- MAGA (Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación de Guatemala) (2012a), *Plan operativo anual 2013*, Dirección de Planeamiento, julio.
- _____(2012b), *Plan operativo anual 2012*, Dirección de Planeamiento, marzo.
- Magrin, G. y otros (2014), «Central and South America», en *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Barros, V. R., C. B. Field, D. J. Dokken, M. D. Mastrandrea, K. J. Mach, T. E. Bilir, M. Chatterjee, K. L. Ebi, Y. O. Estrada, R. C. Genova, B. Girma, E. S. Kissel, A. N. Levy, S. MacCracken, P. R. Mastrandrea y L. L. White (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York.
- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala) (2015), *Segunda comunicación nacional sobre cambio climático*, Guatemala.
- _____(2007), «Resumen inventario de gases de efecto invernadero año 2000 (versión preliminar)», documento presentado para el Proyecto fortalecimiento de las capacidades nacionales en sistematización de los Inventarios de gases de efecto invernadero y las comunicaciones nacionales, Guatemala.
- _____(2001), *Primera comunicación nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*, Guatemala.
- Manfredo, O. (2009), *Situación de la Leishmaniasis en Guatemala*, enero-junio 2009, Centro Nacional de Epidemiología, Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.
- Millennium Ecosystem Assessment (2005), *Ecosystems and Human Well-Being: Synthesis*, Island Press, Washington, D.C.
- Miranda, C.S. (1978), «Mejoramiento genético del frijol en México», en *Producción de granos y forrajes*, Editorial Limusa, México, D.F.
- Moll, D. y otros (2007), «Health impact of water and sanitation infrastructure reconstruction programmes in eight Central American communities affected by hurricane Mitch», *Journal of Water and Health* 5(1): págs. 51-66.
- Monroy, C. y otros (2003), «Epidemiology of Chagas disease in Guatemala: infection rate of *Triatoma dimidiata*, *Triatoma nitida* and *Rhodnius prolixus* (Hemiptera, Reduviidae) with *Trypanosoma cruzi* and *Trypanosoma rangeli* (Kinetoplastida, Trypanosomatidae)», *Memórias do Instituto Oswaldo Cruz*, 98, págs. 305-310.

- Morel, B. (2014), «Drought hits Central America's crops, cattle», *The Tico Times* [en línea] <<http://www.ticotimes.net/2014/08/07/drought-hits-central-americas-crops-cattle>>.
- ND-GAIN (Notre Dame Global Adaptation Index) (2016), [en línea] <<http://index.gain.org/>>.
- OIC (Organización Internacional del Café) (2013), *Anuario de la OIC 2011-2012. Retrospectiva*.
- OLADE/BID/AEA (Organización Latinoamericana de Energía/Banco Interamericano de Desarrollo/ Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica) (2013), *Vulnerabilidad al cambio climático de los sistemas de producción hidroeléctrica en Centroamérica y sus opciones de adaptación*.
- OMS (Organización Mundial de la Salud) (2016), «Reglamento Sanitario Internacional» [en línea] <<http://www.who.int/ihr/revisionprocess/revision/es/>>.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2011), «Situación de Salud en las Américas, Indicadores Básicos» [en línea] <<http://new.paho.org/arg/images/Gallery/publicaciones/IndicadoresBsicos2011Amricas.pdf>>.
- _____(2010), «Lucha contra las enfermedades prevalentes y olvidadas» [en línea] <<http://new.paho.org/blogs/esp/?p=272>>.
- _____(2007), «Salud en las Américas», *publicación Científica y técnica* N° 622, Washington D.C., Estados Unidos.
- OPS/OMS (Organización Panamericana de la Salud/Organización Mundial de la Salud) (2016a), «Declaración de Situación de Emergencia en Honduras» [en línea] <https://pftp.paho.org/Public/HON/160406_Declaraci%C3%B3n_Emergencia_Honduras.pdf>.
- _____(2016b), «Enfermedades transmisibles y análisis de salud (CHA) información y análisis de salud (CHA/HA)» [en línea] <http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=32810&Itemid=270>.
- _____(2016c), «Zika-Epidemiological Report Guatemala» [en línea] <http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=35226&Itemid=270>.
- _____(2016d), «Número de casos reportados de chikunguya en países o territorios de la Américas 2015, [en línea] <http://www.paho.org/hq/index.php?option=com_docman&task=doc_view&Itemid=270&gid=33092&lang=es>.
- _____(2005), *Scientific Working Group On Chagas Disease Buenos Aires, Argentina*.
- Ortiz, P. y otros (2006), «Assessment of human health vulnerability to climate variability and change in Cuba», *Environmental Health Perspectives*, 114(12): 1942-1949.
- Papadakis, J. (1980), *El clima. Con especial referencia a los climas de América Latina, Península Ibérica, ex Colonias Ibéricas y sus potencialidades agropecuarias*, Editorial Albatros, Buenos Aires, Argentina.
- Penman, H. (1956). «Evaporation, an introduction survey», *Netherlands Journal of Agricultural Science*, vol. 4, págs. 9-29.
- Perrier, A. (1984), «Updated evapotranspiration and crop water requirement definitions», en Perrier, A. y Riou, C. (eds.), *Crop Water Requirements*, ICID Int. Conf., París, INRA.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2007), «Informe sobre desarrollo humano 2007-2008: la lucha contra el cambio climático: solidaridad frente a un mundo dividido», *Informe sobre desarrollo humano*, Nueva York.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2007), *Perspectivas del Medio Ambiente Mundial GEO4. Resumen para los tomadores de decisiones*.
- _____(1997), *World Atlas of Desertification*, Segunda edición, Middleton N. y Thomas D. (eds).
- PNUMA-PNUD-EIRD-Banco Mundial (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Banco Mundial) (2010), «Global Risk Data Platform. The PREVIEW» [en línea] <<http://www.un-redd.org/>>.

- PROMEBIO (Programa Estratégico de Monitoreo y Evaluación de la Biodiversidad) (2010), *Estado actual y futuro de la biodiversidad en Centroamérica, Reporte Técnico*.
- Ramírez, P. (1983), «Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica», *Nota de investigación (Costa Rica)*, vol. 5.
- RED SICTA-IICA-COSUDE (Sistema de Integración Centroamericano de Tecnología Agrícola, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, Cooperación Suiza en América Central) (2009), *Mapeo de las cadenas agroalimentarias de maíz blanco y frijol en Centroamérica*, Managua, Nicaragua, IICA.
- Reuters (2015), «Nearly 1 million people face food emergency in drought-hit Guatemala: U. N.» [en línea] <<http://www.reuters.com/article/2015/08/14/us-guatemala-food-crisis-idUSKCN0QJ1QY20150814>>.
- Rizzo N.R. y otros (2003), «Seroprevalence of Trypanosoma cruzi infection among school-age children in the endemic area of Guatemala», *The American Journal of Tropical Medicine Hygiene*, 68 (6), págs. 678-682.
- Rocha, J. e I. Christoplos (2001), «Disaster mitigation and preparedness on the Nicaraguan post-Mitch agenda», *Disasters*, 25(3), págs. 240-250.
- Rojas, M. y J. Echevarría (2003), *Estimación de la demanda sectorial del agua en Centroamérica bajo tres escenarios futuros: 2010-2030-2050*, San José, Costa Rica.
- Roux G., y C Camacho (1992), *Caracterización de la cadena del café en Guatemala* [en línea] <<http://www.infocafes.com/descargas/biblioteca/98.pdf>>.
- Saez, M. y otros (2001), «Comparing meta-analysis and ecological-longitudinal analysis in time-series studies. A case study of the effects of air pollution on mortality in three Spanish cities», *Epidemiology Community Health*, vol. 55, págs. 423-432.
- Sauza S., M. y S.A. Delgado (1979), «Herramientas y consideraciones para la revisión del género» Phaseolus, en *Contribuciones al conocimiento del frijol en México*, M. Engleman (ed.), Colegio de Postgraduados, Rama de Botánica, Chapingo, México.
- Schwartz, J. (1994), «Air pollution and daily mortality: A review and meta-analysis», *Environmental Research Journal*, vol. 64, N°1, págs. 36-52.
- Sen, A. (1999), *Development as Freedom*, Oxford University Press.
- Sergenson, K. y B. L. Dixon (1998), «Climate change and agriculture: The role of farmer adaptation, cap. 3», *The Economics of Climate Change*, R. Mendelsohn y J. Neumann (eds.), Cambridge University Press, Cambridge.
- SIAGRO-CEPALSTAT, [base de datos de información sectorial en línea] <<http://websie.eclac.cl/sisgen/ConsultaIntegrada.asp?idAplicacion=6&idTema=132>>.
- SIECA (Secretaría de Integración Económica Centroamericana) (2007), *Centroamérica: tarifas de servicios públicos y salarios mínimos vigentes al 2007*.
- SIECA/DGTI (Secretaría de Integración Económica Centroamericana/Dirección General de Tecnología e Información) (2005), «Secretaría de Integración Económica Centroamericana» [en línea] <<http://www.sieca.int/>>.
- Smith, J. (2001), *Vulnerability to Climate Change and Reasons for Concern: A Synthesis. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation and Vulnerability, Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Stanley, T. D. (2001), «Wheat from Chaff: Meta-analysis as Quantitative Literature Review», *Journal of Economic Perspectives*, vol. 15, N° 3, págs. 131-150.
- Stern, N. (2007), *The Economics of Climate Change*, The Stern Review, Cambridge University Press, Reino Unido.
- Stott, P. A. y otros (2010), «Detection and attribution of climate change: A regional perspective», *WIREs Climate Change*, vol. 1, N° 2, págs. 192-211.

- SWISSINFO (Swiss News and Information Platform about Switzerland) (2011), «1,2 millones de damnificados en Centroamérica» [en línea] <http://www.swissinfo.ch/spa/sociedad/1,2_millones_de_damnificados_en_Centroamerica.html?cid=31441710>.
- Telesurtv, C. (2010), «Agatha dejó en Guatemala 107 municipios afectados y 150 mil personas evacuadas», [en línea] <<http://www.telesurtv.net/noticias/secciones/nota/73046-NN/agatha-dejo-en-guatemala-107-municipiosafectados-y-150-mil-personas-evacuadas/>>.
- Thornthwaite, C. (1948), «An approach toward a rational classification of climate», *Geographical Review*, vol. 38, N° 1, págs. 55-94.
- Turc, L. (1954), «Le bilan d'eau des sols. Relation entre la précipitation, l'évaporation et l'écoulement», *Annales Agronomiques*, vol. 5.
- Turcios, I. (2005), «Concepción centroamericana sobre seguridad y sus efectos en la atención de los desastres de origen natural», tesis.
- UEA (University of East Anglia) (2010), «Climatic Research Unit» [en línea] <<http://www.cru.uea.ac.uk/>>.
- United Nations News Centre (2014), «Central America Drought Turning into Humanitarian Crisis, UN Warns» [en línea] <http://www.un.org/apps/news/story.asp?NewsID=49590#.ViJp4_mrTIU>.
- Verburg, P. y otros (2002), «Land use change modelling at the regional scale: The CLUE-S model», *Environmental Management*, vol. 30, N° 3, págs. 391-405.
- WRI (World Resources Institute) (2009), «Climate Analysis Indicators Tool (CAIT)» [en línea] <<http://www.earthtrends.wri.org>>.

ABREVIACIONES Y ACRÓNIMOS

AEA	Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica
AfDB	The African Development Bank Group
ANACAFÉ	Asociación Nacional del Café
ANP	Áreas Naturales Protegidas
BANRURAL	Banco de Desarrollo Rural, S.A.
BAU	<i>Business As Usual</i>
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
BIOFIN	Iniciativa Global de Finanzas para la Biodiversidad
BM	Banco Mundial
CAC	Consejo Agropecuario Centroamericano
CADME	Programa de Expansión de Microseguros Catastróficos en Centroamérica
CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CAZALAC	Centro de Aguas para Zonas Áridas y Semiáridas
CC	Cambio Climático
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CEAC	Consejo de Electrificación de América Central
CEL	Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa
CELADE	Centro Latinoamericano y Caribeño de Demografía
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
CEPALSTAT	Bases de datos y publicaciones estadísticas de CEPAL
CH₄	Metano
CHIKV	Virus chikunguya
CLUE-S	<i>Change of Land Use and its Effects at Small Scale</i>
CMNUCC	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático
CNCC	Consejo Nacional de Cambio Climático en Guatemala
COMIECO	Consejo de Ministros de Integración Económica Centroamericana
COMISCA	Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y República Dominicana
CONAP	Consejo Nacional de Áreas Protegidas de Guatemala
COP21	Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático París 2015.
COSEFIN	Consejo de Ministros de Hacienda/Finanzas en Centroamérica
COSUDE	Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación
COTEVISI	Comisión de Directores de Epidemiología y Vigilancia y Sistemas de Información
CO₂	Dióxido de Carbono.
CO_{2e}	Equivalente de dióxido de carbono
CRED	Centre for Research on the Epidemiology of Disasters

CRU	Unidad de Investigación Climática (por sus siglas en inglés)
CSC	Corredor Seco Centroamericano
CTR	Comité Técnico Regional
CUT	Cambio de uso de tierra
DANIDA	Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (por sus siglas en inglés)
DARA	Development Assistance Research Associates
DEPN	Departamento de Estudios de Problemas nacionales de la Facultad de Ciencias Económicas, Universidad de San Carlos de Guatemala
DFID	Departamento de Desarrollo Internacional del Gobierno de Inglaterra
DR-CAFTA	Tratado de Libre Comercio entre Estados Unidos, Centroamérica y República Dominicana (por sus siglas en inglés)
ECC CA	Economía del Cambio Climático en Centroamérica
EDA	Enfermedades diarreicas agudas
EESCA	Estrategia Energética Centroamericana
EIRD	Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la reducción de Desastres
EM-DAT	The Emergency Events Database
ENOS	El Niño Oscilación del Sur
ET	Evapotranspiración
ETEA	Escuela Superior de Técnica Empresarial Agrícola, Cordoba, España
ETV's	Enfermedades Transmitidas por Vectores
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (por sus siglas en inglés)
FAOSTAT	Base de datos de FAO
FAR	Riesgo Fraccional Atribuible (por sus siglas en inglés)
FEWSNET	Famine Early Warning Systems Network
FIDA	Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola
FONACON	Fondo Nacional de la Conservación
FONCC	Fondo Nacional del Cambio Climático
GEI	Gases de efecto invernadero
GEO4	Cuarto Informe GEO: perspectivas de medio ambiente mundial, del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
GFDL	Geophysical Fluid Dynamics Laboratory
GLOBIO3	Modelo Global de Biodiversidad
GT	Gigatonelada
GTCCGIR	Grupo Técnico de Cambio Climático y Gestión Integral de Riesgo
GWh	GigaWatt-hora
HADCM3	Hadley Centre Coupled Model, version 3
HADGEM1	The Hadley Centre Global Environmental Model version 1
ha	Hectáreas
IA	Índice de aridez
IBP	Índice de Biodiversidad Potencial

ICGES	Instituto Conmemorativo Gorgas de Estudios de Salud de Panamá
IFs	<i>International Futures</i>
IICA	Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura
INAB	Instituto Nacional de Bosques de Guatemala
INBio	Instituto Nacional de Biodiversidad de Costa Rica
INDC	Contribuciones Nacionales Determinadas (por sus siglas en inglés)
INDE	Instituto Nacional de Electrificación de Guatemala
INE	Instituto Nacional de Estadísticas de Guatemala
INSIVUMEH	Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología
INSMET	Instituto de Meteorología de Cuba
INSP	Instituto Nacional de Salud Pública de México
IPAT	Impacto, Población, Riqueza y Tecnología (por sus siglas en inglés)
IPCC	Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
IPE	Índice de Precipitaciones Estandarizadas
IRA	Infecciones respiratorias agudas
KfW	Instituto de Crédito para la Reconstrucción de Alemania
km²	Kilómetros cuadrados
LC	Leishmaniasis Cutánea
LCA	Leishmaniasis Cutánea Americana
LEAP	<i>Long Range Energy Alternatives Planning System</i>
LMC	Leishmaniasis mucocutánea
LTA	Leishmaniasis tegumentaria americana
LV	Leishmaniasis Visceral
MAGA	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación de Guatemala
MARN	Ministerio de Agricultura y Recursos Naturales de Guatemala
Mbep	Millones de barriles equivalentes de petróleo
MDL	Mecanismo de Desarrollo Limpio
MEDLINE	Medical Literature Analysis and Retrieval System Online
mm	milímetros
MSA	Abundancia Media de Especies (por sus siglas en inglés)
msnm	Metros sobre el nivel del mar
MSPAS	Ministerio de Salud Pública y Asistencia social de Guatemala
Mton C	Millones de toneladas de carbono
MW	Millones de Watts
m³	Metros cúbicos
ND-GAIN	Índice global de adaptación (por sus siglas en inglés)
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
N₂O	Óxido de nitrógeno
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OIC	Organización Internacional del Café
OLADE	Organización Latinoamericana de Energía
OMM	Organización Meteorológica Mundial

OMS	Organización Mundial de la Salud
OPS	Organización Panamericana de la Salud
p	Precipitación
PANCC	Plan de Acción Nacional de Cambio Climático en Guatemala
PHI	Programa Hidrológico Internacional
PIB	Producto Interno Bruto
PINFOR	Programa de Incentivos Forestales
PINPEP	Programa de Incentivos Forestales para Poseedores de Pequeñas Extensiones de Tierra de Vocación Forestal o Agroforestal
PINSOR	Programa de Incentivos Forestales de Guatemala
PMA	Programa Mundial de Alimentos
PNCC	Política Nacional de Cambio Climático de Guatemala
PNUD	Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo
PNUMA	Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente
PROAGRO	Protección Agropecuaria Compañía de Seguros S.A.
PROBOSQUE	Programa Producción y Protección de Bosques de Guatemala
PROME BIO	Programa Estratégico de Monitoreo y Evaluación de la Biodiversidad
PROMECAFE	Programa Cooperativo Regional para el Desarrollo Tecnológico y Modernización de la Caficultura
PSA	Pago por Servicios Ambientales
REDD+	<i>Reducing emissions from deforestation and forest degradation in developing countries, and the role of conservation, sustainable management of forest and enhancement of forest carbon stocks in developing countries</i>
Red SICTA	Proyecto Red de Innovación Agrícola
RSI	Reglamento Sanitario Internacional
RUTA	Unidad Regional para el desarrollo sostenible del CAC
s	segundo
SAN	Seguridad Alimentaria y Nutricional
SATA	Suma asegurada total anual
SCNCCG	Segunda Comunicación Nacional de Cambio Climático de Guatemala
SE	Semana epidemiológica
SESAN	Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala
SGCCC	Sistema Guatemalteco de Ciencias del Cambio Climático
SIAGRO	Sistema de Información Agropecuaria
SICA	Sistema de Integración Centroamericana
SIECA	Secretaría de Integración Económica Centroamericana
SIEPAC	Sistema de Interconexión Eléctrica de los Países de América Central
SIGAP	Sistema Guatemalteco de Áreas Protegidas
SIPECIF	Sistema Nacional de Prevención y Control de Incendios Forestales
SMC	Sistema de Monitoreo de Cultivos
SNER	Sistema Nacional de Extensión Rural
SNI	Sistema Nacional Interconectado

SNICC	Sistema Nacional de Información sobre Cambio Climático de Guatemala
t	Toneladas
t/ha	Toneladas por Hectárea
UKAID	Departamento del Gobierno Británico de Desarrollo Internacional (por sus siglas en inglés)
UNCOMTRADE	<i>The United Nations Commodity Trade Statistics Database</i>
UNEP	<i>United Nations Environment Programme</i>
UNESCO	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
USD	Dólares Americanos
UTCUTS	Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura
VAR	Vectores Autoregresivos
VPN	Valor Presente Neto
WRI	<i>World Resources Institute</i>
ZCIT	Zona de Convergencia Intertropical
ZICAV	Virus de Zika
ZVH	Zonas de Vida de Holdridge



**13 ACCIÓN
POR EL CLIMA**



Adoptar medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus efectos

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

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

(52 55) 4170 56.00 • uacc-mex@cepal.org
www.cepal.org/mexico • repositorio.cepal.org

**Gobierno de Guatemala
Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales (MARN)**

7 avenida 03-67, zona 13
CP 01013 Ciudad de Guatemala, Guatemala, C.A.
(502) 2423-0500 • rpublicas@marn.gob.gt
Sitio web: <http://www.marn.gob.gt/>

Nordic Development Fund (NDF)

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

(358) 10 618 002 • info.ndf@ndf.fi • www.ndf.fi/

Banco Interamericano de Desarrollo (BID)

1300 New York Avenue, N.W.
Washington, D.C. 20577, USA

(202) 623-1000 • www.iadb.org

