

La economía del cambio climático
en Centroamérica

Síntesis 2010

Alicia Bárcena
Secretaria Ejecutiva
Antonio Prado
Secretario Ejecutivo Adjunto
Hugo Beteta
Director
Sede Subregional de la CEPAL en México
Joseluis Samaniego
Director
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
y Punto focal de cambio climático de la CEPAL
Julie Lennox
Punto focal de cambio climático de la
Sede Subregional de la CEPAL en México

Esta publicación fue realizada en el marco del Convenio entre el Ministerio Británico para el Desarrollo Internacional (DFID) y la Sede Subregional en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), dentro del Proyecto “La economía del cambio climático en Centroamérica.”

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 proyecto.

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

LC/MEX/L.978

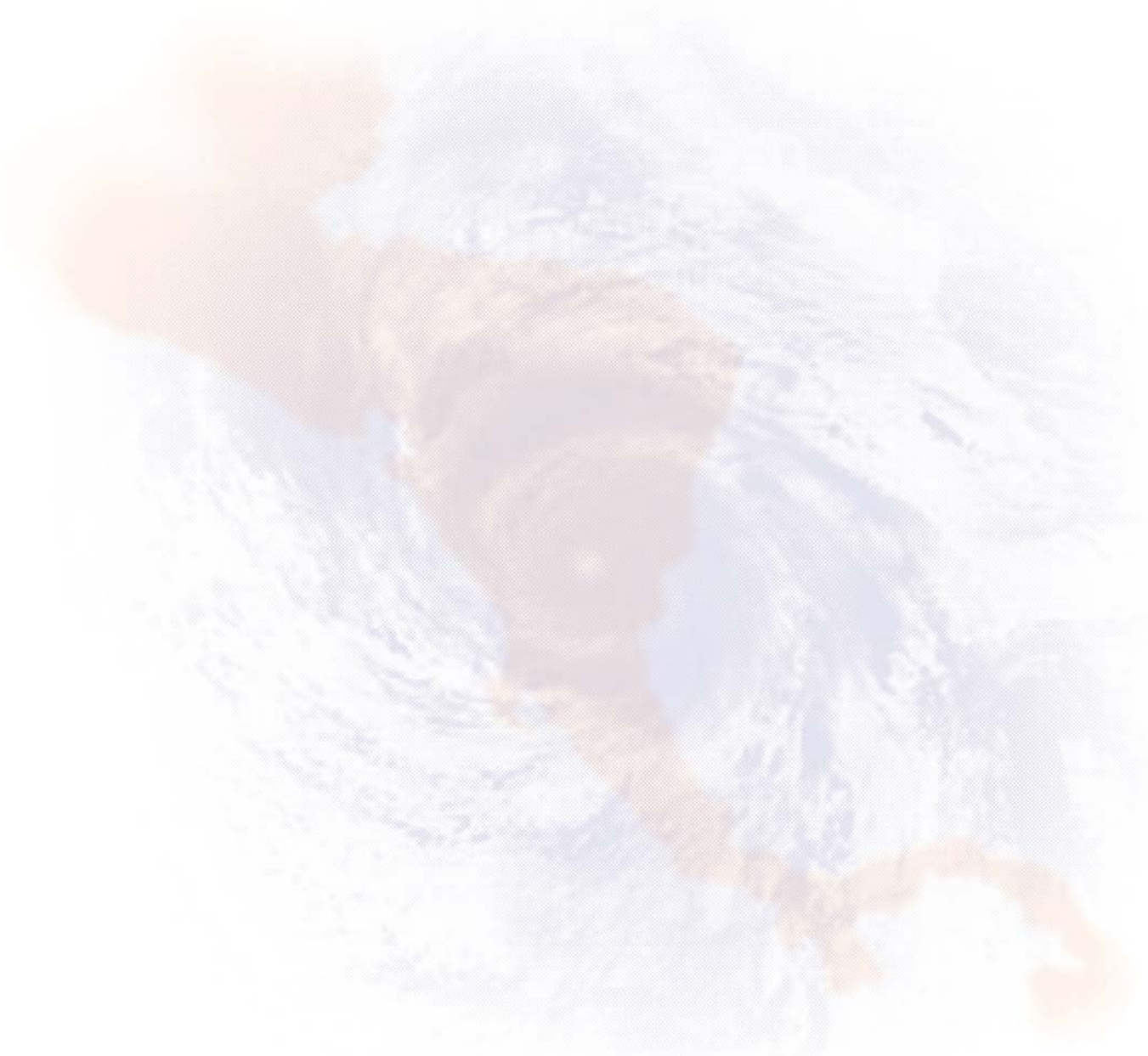
Copyright © Naciones Unidas, noviembre de 2010. Todos los derechos reservados.

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 de tal reproducción.

Diseño de portada: José Luis Lugo. Impresión: FOC S.A. de C.V.

La economía del cambio climático en Centroamérica

Síntesis 2010



COMITÉ DIRECTOR DEL PROYECTO

Ministros de Medio Ambiente:

Juana Argeñal, Ministra del Ministerio de Recursos Naturales y Ambiente de Nicaragua (MARENA); Javier Arias, Administrador General de la Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá (ANAM); Rigoberto Cuellar, Ministro de la Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente de Honduras (SERNA); Teófilo De la Torre, Ministro del Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones de Costa Rica (MINAET); Luis Alberto Ferraté, Ministro del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de Guatemala (MARN); Herman Rosa Chávez, Ministro del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador (MARN); Gaspar Vega, Ministro del Ministerio de Recursos Naturales y Medio Ambiente de Belice (MNREI). Autoridades anteriores: Ligia Castro, Roberto Dobles, Carlos Guerrero, Jorge Rodríguez, Tomás Vaquero.

Ministros de Finanzas/ Hacienda:

Edgar Alfredo Balsells, Ministro de Ministerio de Finanzas Públicas de Guatemala (MINFIN); Dean O. Barrow, Ministro del Ministerio de Finanzas de Belice (MOF); Carlos E. Cáceres, Ministro del Ministerio de Hacienda de El Salvador (MH); William Chong Wong, Ministro de la Secretaría de Finanzas de Honduras (SEFIN); Alberto José Guevara, Ministro del Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua (MHCP); Fernando Herrero, Ministro del Ministerio de Hacienda de Costa Rica (MH); Alberto Vallarino, Ministro del Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá (MEF). Autoridades anteriores: Jenny Phillips, Rebeca Patricia Santos, Guillermo Zúñiga.

COMITÉ TÉCNICO REGIONAL (CTR)

Delegados de los Ministerios de Ambiente:

Gherda Barreto (MARENA); Antonio Cañas (MARN El Salvador); Mirza Castro (SERNA); Ana Rita Chacón (MINAET); Cynthia Deville (ANAM); Carlos Mansilla (MARN Guatemala); Marlon Westby (MNREI).

Delegados de los Ministerios de Hacienda/ Finanzas:

Rogelio Alvarado (MEF); Rina Castellanos de Jarquín (MH El Salvador); Juan Manuel de la Cruz (MINFIN); Lourdes González (SEFIN); Fernando Rodríguez (MH Costa Rica).

Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD-SICA): Roberto Rodríguez, Coordinador a.i. de la Secretaría Ejecutiva de la CCAD; Raúl Artiga, delegado en el CTR.

Secretaría de Integración Económica

Centroamérica (SIECA): Yolanda Mayora de Gavidia, Secretaria General; Juan Sebastián Blas, delegado en el CTR.

Delegados anteriores del CTR: Guillermo Barquero, Cecilia Carranza, Edgar Chamorro, Paul Flowers, Ramón Frutos, Arístides Hernández, Leonel Lee, Darysbeth Martínez, José Francisco Rodríguez, Bernardo Torres.

Colaboradores del CTR: Luis Alejandro Alejos, Roberto Araquistain, Beverly D. Castillo, Carlos Fuller, Carlos Gómez, René López, Leslie Marin, Roberto Motta, Carlos J. Pérez, Martha Ruiz, José Francisco Rodríguez, Bernardo Torres.

UNIDAD COORDINADORA DEL PROYECTO (UCP) SEDE SUBREGIONAL DE LA CEPAL EN MÉXICO (CEPAL México)

Hugo Beteta, Director; Jorge Máttar, anterior Director a.i.; Julie Lennox, coordinadora del proyecto y punto focal para cambio climático de la CEPAL México; Horacio Catalán, consultor macroeconomista; Jaime Olivares, asistente de investigación; Almudena Fernández, consultora de programación; Hortensia Altamirano, secretaria; Pedro Cote, oficial de comunicaciones; Susana Levy, oficial de publicaciones; Ramón Cota, editor; Dany Laird, traductor. La UCP agradece el apoyo de los equipos de dirección y administración de la oficina.

La División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL proporcionó asesoría, particularmente:

Joseluis Samaniego, Director; Luis Miguel Galindo, Asesor regional de la economía de cambio climático; Carlos de Miguel, Oficial de asuntos económicos; Graciela Magrin, Daniel Bouille, Gustavo Nagy, José Marengo y Lincoln Muñiz, miembros del Panel Internacional de Cambio Climático de los proyectos ECC.

DFID/ GOBIERNO DEL REINO UNIDO

Tom Kennedy, Embajador del Reino Unido en Costa Rica y Nicaragua, enlace con el proyecto. Ian Hughes, Anterior Embajador del Reino Unido en Guatemala, Honduras y El Salvador. Su Lin Garbett-Shiels, Oficial de DFID; Martin Johnston, Anterior Jefe de la Oficina de DFID para Centroamérica.

EQUIPOS TÉCNICOS DEL PROYECTO

Escenarios macroeconómicos y demográficos sin cambio climático:

Igor Paunovic, anterior Jefe de la Unidad de Desarrollo Económico (UDE) de la CEPAL en México y Luis Miguel Galindo, supervisores; Horacio Catalán, consultor principal, con la colaboración de Allan Beltrán, Luis Alberto Sánchez y Jaime Olivares; y Dirk Jaspers y Guiomar Bay de la División de Población de la CEPAL (CELADE). Agradecimiento a Manuel Iraheta, asesor de la Secretaría Técnica, Consejo Monetario Centroamericano.

Escenarios climáticos: Fernando Cuevas (QPD) y Hugo Ventura, Oficial a cargo de la Unidad de Energía y Recursos Naturales de la Sede Subregional de la CEPAL en México, supervisores; Carlos Gay, Cecilia Conde, Francisco Estrada y Benjamín Hernández del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM y Walter Fernández, consultores.

Eventos extremos: Ricardo Zapata, Asesor Regional en Desastres, y Myriam Urzúa, Punto focal de desastres de CEPAL México, supervisores; Elizabeth Mansilla y Horacio Catalán, consultores; Jaime Olivares, funcionario. Con apoyo de DANIDA.

Recursos hídricos: Hugo Ventura, supervisor; Blanca Jiménez, consultora principal; María Inés Navarro, Manuel Basterrechea, Katherine Vammen y Maritín Valentin, consultores. Participaron con aportes Horacio Catalán y Pablo Imbach, consultores; Julie Lennox y Jaime Olivares, Jenny Alvarado, funcionarios y el pasante Juan Pablo Vallejo.

Sector agrícola: Braulio Serna, Jefe de la Unidad de Desarrollo Agrícola de la CEPAL México, supervisor; José Mora y Diana Ramírez, funcionarios, Juan Luis Ordaz y Gerardo Esquivel, consultores.

Cambio de uso de tierra y ecosistemas:

Julie Lennox, supervisora; Pablo Imbach, consultor principal; Karina Caballero, consultora; y Abigail Fallot, Luis Molina, Mario Chacón y Miguel Cifuentes, investigadores de CATIE.

Sequía y degradación de las tierras: Julie Lennox, supervisora; César Morales, consultor principal; Matías Renard, George Kerrigan, Rodrigo Alejandro Morera, Zoraida Aranibar, Ricardo Estupiñán, consultores. Realizado con el Mecanismo Mundial de la UNCCD.

Biodiversidad: Julie Lennox, supervisora; Karina Caballero, consultora principal, con la colaboración de Erika Rojas. Asesoró Lenin Corrales de TNC Centroamérica.

Energía: Hugo Ventura, supervisor; Rosa estela Félix, Fernando Choc, Carlos Roldán y Verónica Flores, consultores; Jennifer Alvarado, Eugenio Rojas y Ana María Larrauri, funcionarios.

Valorización económica: Luis Miguel Galindo y Julie Lennox, supervisores; Horacio Catalán, consultor principal; y Jaime Olivares.

Opciones de políticas en adaptación y reducción de emisiones: Julie Lennox, supervisora, con el apoyo de Horacio Catalán; Gabriel Quadri y Eduardo Vega, consultores principales, Jaime Olivares, funcionario autor del análisis IPAT; participaron con aportes Anna Coates, Jefa y Matthew Hammil y Lourdes Colinas de la Unidad de Desarrollo Social de la CEPAL México; Igor Paunovic, jefe anterior, Ramón Padilla, funcionario, Rocío Álvarez, consultora, de la Unidad de Desarrollo Económico; Claudia Schatan, Jefa, y Bruno Antunes de la Unidad de Comercio Internacional e Industria, y Juan Manuel de la Cruz del Ministerio de Finanzas de Guatemala.

Asistentes de investigación en los países: Helga María Rojas, René Gamero, José Fermín Villatoro, Oscar Francisco Delgado.

In memoriam

De Fernando Cuevas, D. E. P.

*Nicaragüense, ingeniero y economista,
funcionario del Instituto Nicaragüense de Energía (1976 – 1982),
Viceministro de Energía de Nicaragua (1987 – 1990),
Jefe de la Unidad de Energía y Recursos Naturales de la
Sede Subregional de la CEPAL en México (1993-2009),
Gerente del Proyecto “La economía del cambio climático en Centroamérica” (2008).*

Incansable promotor de la eficiencia, equidad y sostenibilidad energética en Centroamérica.

ÍNDICE

Prólogo	11
Mensajes clave.....	13
Introducción	19
I. Escenarios climáticos	21
II. Escenarios macroeconómicos y demográficos.....	28
III. Escenarios de cambio de uso de tierra.....	36
IV. Recursos hídricos	38
V. Agricultura	50
VI. Biodiversidad	58
VII. Eventos Extremos	65
VIII. Energía	73
IX. La valorización económica del impacto del cambio climático en Centroamérica.....	83
X. Vulnerabilidad, pobreza y adaptación	97
XI. Escenarios de emisiones y opciones de mitigación.....	105
XII. Ejes potenciales de opciones de políticas públicas.....	122
Bibliografía	137

ÍNDICE DE CUADROS

1.1	Centroamérica: cambio de temperatura media escenario B2, promedio de tres modelos, 1980-2000 a 2100	23
1.2	Centroamérica: cambio de temperatura media escenario A2, promedio de tres modelos, 1980-2000 a 2100	23
1.3	Centroamérica: cambio de precipitación media anual escenario B2, promedio de tres modelos, 1980-2000 a 2100	26
1.4	Centroamérica: cambio de precipitación media anual escenario A2, promedio de tres modelos, 1980-2000 a 2100	26
2.1	Centroamérica: escenarios de la tasa de crecimiento del PIB, 2008 a 2100	32
2.2	Centroamérica: escenario demográfico, 2005 a 2100	34
2.3	Centroamérica: PIB por habitante, 2005 a 2100	35
4.1	Centroamérica: disponibilidad, extracción, intensidad de uso y uso de agua por sector	40
4.2	Centroamérica: coberturas, pérdidas y tarifas del servicio de agua municipal	40
4.3	Centroamérica: indicadores agropecuarios y de riego	41
4.4	Centroamérica: evolución de la disponibilidad total renovable de agua, por escenarios base, B2 y A2, 2000-2004 a 2100	43
4.5	Centroamérica: reducción de la disponibilidad de agua per cápita, escenarios base, B2 y A2, 2005 a 2100	45
4.6	Centroamérica: evolución de la demanda de agua con escenarios base, B2 y A2, 2000 a 2100	47
4.7	Centroamérica: evolución del índice de intensidad de uso del agua con escenarios base, B2 y A2, 2000 a 2100	48
6.1	Centroamérica: evolución del índice de biodiversidad potencial bajo el escenario base (sin cambio climático), 2005 a 2100	60
6.2	Centroamérica: evolución del índice de biodiversidad potencial con cambio climático (escenarios B2 y A2), 2005 a 2100	61
6.3	Centroamérica: valores directos registrados de los servicios de la biodiversidad	63
8.1	Centroamérica: consumo final energético 2008	74
8.2	Centroamérica: tasas de crecimiento de la demanda de energía, escenario base 2010 a 2100	78
8.3	Centroamérica: demanda total de energía, participación por países, sectores, combustibles fósiles y fuentes renovables	78
8.4	Centroamérica: evolución de demanda de electricidad con escenario base, 2007 a 2100	80
8.5	Centroamérica: demanda de energía eléctrica por sector, escenario base en 2100	81
8.6	Centroamérica: generación de energía eléctrica con escenario base en 2100, por fuentes	81
9.1	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario B2) en el sector agrícola a 2100	85
9.2	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario A2) en el sector agrícola a 2100	85
9.3	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario B2) en el sector agropecuario a 2100	86
9.4	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario A2) en el sector agropecuario a 2100	86
9.5	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario B2) en los recursos hídricos a 2100	87
9.6	Centroamérica: Estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario A2) en los recursos hídricos a 2100	88
9.7	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenarios B2 y A2) en la biodiversidad en 2100, con costos directos e indirectos	89
9.8	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenarios B2 y A2) en la biodiversidad con años corte hasta 2100	90
9.9	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado ante un aumento de 5% en la intensidad de las tormentas y los huracanes a 2100	91
9.10	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado ante un aumento de 10% en la intensidad de las tormentas y los huracanes a 2100	92

9.11	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario B2) en cuatro ámbitos a 2100.....	93
9.12	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario A2) en cuatro ámbitos a 2100	93
9.13	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario B2) en cuatro ámbitos por país a 2100	94
9.14	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del impacto del cambio climático (escenario A2) en cuatro ámbitos por país a 2100.....	95
9.15	Centroamérica: estimado inicial del costo acumulado del cambio climático en cuatro ámbitos sin medidas de respuesta por país a diversos años	96
9.16	Centroamérica: estimado inicial del costo anual del cambio climático en cuatro ámbitos sin medidas de respuesta por país en diversos periodos	96
10.1	Centroamérica: cobertura de la seguridad social, alrededor de 2006	102
11.1	Centroamérica: emisiones netas de GEI reportadas en inventarios nacionales.....	107
11.2	Centroamérica: emisiones de GEI reportadas en inventarios nacionales, 2000	107
11.3	Centroamérica: escenario tendencial de emisiones de CO ₂ e (sin cambio de uso de tierra) a 2100	111
11.4	Centroamérica: escenario tendencial de intensidad CO ₂ e/ población (sin cambio de uso de tierra) a 2100.....	111
11.5	Centroamérica: estimado inicial del costo de mantener emisiones de GEI constantes desde 2000 a 2100	112
11.6	Centroamérica: generación de electricidad por fuente	113
11.7	Centroamérica: consumo final de electricidad 2007	114
11.8	Centroamérica: estimado de emisiones de GEI indirectas por consumo de electricidad 2007.....	114
11.9	Centroamérica: inventario de emisiones ajustado (sin cambio de uso de tierra) con electricidad, 2000.....	115
11.10	Centroamérica: estimado de emisiones de GEI, a 2030	116

ÍNDICE DE GRÁFICOS

1.1	Centroamérica: temperatura media anual, escenario A2, 1960-2100	24
1.2	Centroamérica: precipitación acumulada anual, escenario A2, 1960-2100.....	27
2.1	Centroamérica: trayectorias y tasas de crecimiento del PIB	29
2.2	Centroamérica: escenarios del crecimiento del PIB a 2100	30
2.3	Centroamérica: características demográficas	33
2.4	Centroamérica: escenario demográfico, 2005 a 2100	34
2.5	Centroamérica y países desarrollados: PIB per cápita, 1970 a 2006	35
4.1	Centroamérica y otros tres países: productividad industrial del agua	41
4.2	Centroamérica: evolución de la disponibilidad total renovable de agua por escenarios base, B2 y A2, 2000-2004 a 2100.....	44
4.3	Centroamérica: disponibilidad per cápita de agua en 2005 y con escenarios base, B2 y A2 en 2100	45
4.4	Centroamérica: evolución de la demanda de agua con escenarios base, B2 y A2, 2000-2100.....	47
4.5	Centroamérica: evolución del índice de intensidad de uso del agua con escenarios base y A2, 2000 a 2100	49
5.1	Centroamérica: evolución del índice agropecuario con cambio climático (escenarios B2 y A2), y filtro Hodrick-Prescott, 2006-2100	52
5.2	Centroamérica: evolución del índice agrícola con cambio climático (escenarios B2 y A2), y filtro Hodrick-Prescott, 2006-2100.....	53
5.3	Centroamérica: evolución del índice pecuario con cambio climático (escenarios B2 y A2), y filtro Hodrick-Prescott, 2006-2100.....	53
5.4	Centroamérica: evolución de los rendimientos de maíz con cambio climático (escenarios B2 y A2), 2006 a 2100.....	54
5.5	Centroamérica: evolución de los rendimientos de frijol con cambio climático (escenarios B2 y A2), 2006 a 2100.....	55
5.6	Centroamérica: evolución de los rendimientos de arroz con cambio climático (escenarios B2 y A2), 2006 a 2100.....	56

6.1	Centroamérica: evolución del índice de biodiversidad potencial con cambio climático (escenarios B2 y A2), 2005 a 2100	61
6.2	Centroamérica: evolución del índice de biodiversidad potencial, escenarios base y con cambio climático (B2 y A2), 2005 a 2100	62
7.1	Centroamérica: evolución temporal de los eventos extremos registrados, 1930 a 2008	65
7.2	Centroamérica: número de inundaciones registradas en dos períodos, 1970-1989 y 1990-2008	66
7.3	Centroamérica: número de tormentas tropicales y huracanes en dos períodos, 1970-1989 y 1990-2008	67
7.4	Centroamérica: evolución de número de personas afectadas por inundaciones, 1970 a 2006	68
7.5	Océano Atlántico: número de tormentas según duración (moderada y corta), 1878-2006	69
7.6	Océano Pacífico: intensidad de ciclones y temperatura de la superficie del mar	70
7.7	Océano Atlántico: temperatura de la superficie del mar e índice de poder de disipación de huracanes ..	70
8.1	Centroamérica: oferta-demanda total de energía (1970-2007)	73
8.2	Centroamérica: energía primaria 2008	74
8.3	Centroamérica: evolución del consumo y demanda por sector de hidrocarburos	75
8.4	Centroamérica: generación de energía eléctrica por tipo de fuente, 2008	76
8.5	Centroamérica: indicadores de consumo de energía per cápita, 2008	77
8.6	Centroamérica: evolución de demanda de hidrocarburos con escenario base, 1970-2100	79
8.7	Centroamérica: evolución de demanda de electricidad con escenario base, 1970 a 2100	80
8.8	Centroamérica: generación de energía eléctrica, por tipo de tecnología con escenario base en 2100	81
9.1	Centroamérica: método de estimación de los impactos del cambio climático	84
10.1	Centroamérica: niveles de pobreza, 1990-2004	99
10.2	Centroamérica: pobreza, PIB per cápita y tamaño de población, 2006	100
10.3	Centroamérica: indicador de desigualdad, 1990-2008	100
10.4	Centroamérica y República Dominicana: gasto social per cápita 1990-2007	101
10.5	Centroamérica: gasto total en educación, 2004	101
11.1	Centroamérica: emisiones brutas de GEI por sector con cambio de uso de tierra, 2000	108
11.2	Centroamérica: emisiones brutas de GEI por país con cambio de uso de tierra, 2000	108
11.3	Centroamérica: emisiones netas de GEI por sector, 2000	108
11.4	Centroamérica: emisiones netas de GEI por país, 2000	108
11.5	Centroamérica: emisiones de GEI por sector, brutas y netas, 2000	109
11.6	Centroamérica: estructura sectorial de las emisiones de GEI estimadas con cambio de uso de tierra, 2000 y 2030	117
11.7	Centroamérica: modelaje inicial de una curva de costos marginales de reducción de emisiones de GEI , 2030	118
11.8	Propuesta de curva de transición forestal	120

ÍNDICE DE MAPAS

3.1	Centroamérica: escenario de cambio en uso de la tierra, 2005 (base) y 2100 (sin cambio climático/BAU)	37
4.1	Centroamérica: cuencas hidrográficas	39
6.1	Centroamérica: evolución del índice de biodiversidad potencial, 2005, escenarios base y con cambio climático (B2 y A2) en 2100	60

ÍNDICE DE FIGURAS

1.1	Cambio anual medio mundial de la temperatura, 1980 - 1999	25
2.1	Técnicas utilizadas en la construcción de escenarios macroeconómicos	30
5.1	Metodología de función de producción aplicada al cambio climático	51

ÍNDICE DE RECUADROS

7.1	Investigación reciente para estimar cambios en intensidad y frecuencia de huracanes debido al cambio climático	71
10.1	Conceptos de vulnerabilidad, adaptación y resiliencia	98

PRÓLOGO

La evidencia científica muestra que el calentamiento global asociado al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de actividades antropogénicas está ocasionando cambios climáticos discernibles, como alza de la temperatura, modificación de los patrones de precipitación, reducción de los glaciares, elevación del nivel de mar y aumento de los eventos extremos. Estos cambios representan una seria amenaza para las sociedades centroamericanas por sus múltiples impactos previstos en la producción, la infraestructura, los medios de vida, la salud, la seguridad y el debilitamiento de la capacidad del ambiente para proveer recursos y servicios vitales.

Aunque se estima que Centroamérica seguirá produciendo una muy mínima parte de las emisiones GEI del planeta, ya es una de las regiones más vulnerables a sus consecuencias negativas. Las vulnerabilidades socioeconómicas históricas de Centroamérica se exacerban por su ubicación geoclimática en un istmo estrecho que sirve de puente entre dos continentes, situado entre dos sistemas oceánicos, el Pacífico y el Atlántico. La región es gravemente afectada por sequías, ciclones y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur. Dado que los factores dependientes del clima son aportes significativos a las actividades económicas, como la agricultura, el cambio climático incidirá cada vez más en la evolución económica de la región durante el presente siglo de no adoptarse medidas de reducción de las emisiones. En términos fiscales constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas por generaciones.

Por otro lado, la región contiene valiosos acervos que requieren ser preservados por su contribución al desarrollo de las generaciones actuales y futuras, como sus ecosistemas de biodiversidad abundante, proveedores de múltiples servicios. Estos ecosistemas se deterioran por el actual patrón de desarrollo insostenible y serán más afectados aún por el cambio climático. La población de la región, relativamente joven y con su diversidad cultural, étnica, lingüística y de estilos de vida, especialmente los pueblos indígenas y afrodescendientes, es un tesoro que requiere mayor reconocimiento e inversión para desarrollar sus capacidades de respuesta.

Los Presidentes del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), en su Cumbre sobre el Cambio Climático en mayo de 2008, establecieron mandatos a sus instituciones nacionales y regionales sobre la respuesta a este fenómeno, los cuales fueron reiterados en su Cumbre de junio de 2010. En el marco de esta iniciativa, se realiza el proyecto “La economía del cambio climático en Centroamérica”, el cual se lleva a cabo conjuntamente entre la Comisión Económica para América Latina y El Caribe (CEPAL), los Ministros de Ambiente y Hacienda/Finanzas de los siete países de Centroamérica, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) del Sistema de Integración de Centroamérica (SICA) y la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA), con el apoyo financiero del Ministerio para el Desarrollo Internacional (DFID) del Gobierno británico. Su finalidad es alertar a los actores clave en la toma de decisiones de la región sobre la urgencia de enfrentar el reto de cambio climático y propiciar un diálogo sobre opciones de políticas públicas y acciones nacionales y regionales, incluyendo la Estrategia regional de cambio climático actualmente en discusión. Para ello se analizan los impactos del cambio climático en diversos escenarios de emisiones y

se estima un valor económico de estos impactos. Se exploran los costos y beneficios de potenciales respuestas, de la inacción, de acciones para la reducción de vulnerabilidad, la adaptación y una transición hacia una economía sostenible y baja en carbono.

Los resultados a la fecha sugieren que los impactos del cambio climático en Centroamérica en un escenario económico dinámico con uso intensivo de combustibles fósiles (tipo A2) son significativos y crecientes, reconociendo las incertidumbres inherentes en este tipo de análisis. Se confirmaría la asimetría de que los países que menos han contribuido al problema sufren mayores impactos y tienen menos resiliencia. Se confirmaría también el planteamiento de que los costos de los impactos en un escenario de inacción global, particularmente de los países emisores grandes, serían más elevados que los de un escenario con un acuerdo internacional equitativo e incluyente que lograra reducir significativamente las emisiones con responsabilidades compartidas pero diferenciadas, y que facilite a los países más expuestos, como los centroamericanos, tomar medidas de adaptación y mitigación en un marco de desarrollo sostenible. El reto de adaptación es altamente preocupante porque exige redoblar esfuerzos para reducir la pobreza, la desigualdad y la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental, y aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa de las sociedades y ecosistemas conexos. Debe admitirse asimismo que habrá límites a la adaptación, con pérdidas y daños no reparables, especialmente en el escenario de inacción con una economía mundial alta en carbono.

Los resultados confirman 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 los impactos sociales y en servicios ambientales. Esto implica que, más allá de la valorización económica, se requiere tomar decisiones éticas respecto al valor que asignamos a las necesidades de futuras generaciones y a los ecosistemas que nos prestan múltiples servicios ambientales, los cuales perderemos antes de que el mercado nos dé señales de esta pérdida. Debido a que es una falla de mercado, el cambio climático no puede ser tratado como responsabilidad exclusiva de las instituciones ambientales, sino como problema económico central y transversal con serias implicaciones fiscales. Y desde la óptica económica es más rentable actuar ahora que dejar el problema a las generaciones futuras.

El cambio climático presenta una serie de desafíos que tienen que enfrentarse a través del aporte de diversos actores, incluyendo el sector público, el sector privado, la ciudadanía y sus organizaciones civiles, el sector académico, las instituciones de integración y la comunidad internacional. Las instituciones socias del proyecto reiteran su compromiso de seguir profundizando su trabajo conjunto para desarrollar el conocimiento y las capacidades necesarias para que todos los actores puedan tomar decisiones más informadas para reducir vulnerabilidades, mejorar la adaptación al cambio climático y encaminar las economías a sendas sostenibles y bajas en carbono.

Alicia Bárcena
Secretaria Ejecutiva
Comisión Económica para América Latina
y el Caribe (CEPAL)

Gaspar Vega
Ministro
Ministerio de Recursos Naturales y Medio
Ambiente de Belice y
Presidente Pro Témpore de la Comisión
Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
(CCAD)

MENSAJES CLAVE

El cuarto reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático encuentra que las concentraciones GEI y los aerosoles han aumentado considerablemente por efecto de las actividades humanas desde el año 1750. El aumento de las concentraciones de dióxido de carbono (CO₂) se debe principalmente al uso de combustibles de origen fósil, con una aportación menor aunque perceptible de los cambios de uso de la tierra. Es probable que el incremento de la concentración de metano (CH₄) se deba predominantemente a la agricultura y al uso de combustibles de origen fósil. El alza de la concentración de óxido nitroso (N₂O) se debe principalmente a las actividades agrícolas. La evidencia científica muestra que el calentamiento global asociado al aumento de emisiones GEI provenientes de actividades antropogénicas está ocasionando cambios climáticos discernibles, como aumento de la temperatura, modificación de los patrones de precipitación, reducción de la criósfera, elevación del nivel de mar y modificación de los patrones de eventos climáticos extremos. Existe 90% de seguridad de que el calentamiento global del siglo XX se debe al incremento de las concentraciones de estos GEI de origen antropogénicas (IPCC, 2007a).

Las vulnerabilidades socioeconómicas de Centroamérica se exacerban por su ubicación geoclimática en un istmo estrecho que sirve de puente entre dos continentes, situado entre dos sistemas oceánicos, el Pacífico y el Atlántico, con sus correspondientes procesos climáticos. La región es gravemente afectada por sequías, ciclones y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS). En las últimas tres décadas, la precipitación pluvial muestra una tendencia a disminuir, sobre todo en la región oeste del istmo, y se registra un aumento de la temperatura entre 0,7 °C y 1 °C. Dado que los factores dependientes del clima son aportes significativos a las actividades económicas, como la agricultura, los cambios climáticos incidirán cada vez más en la evolución económica de la región durante el presente siglo.

Por otro lado, la región contiene valiosos acervos a ser preservados por su contribución al desarrollo de las generaciones actuales y futuras, como sus ecosistemas de biodiversidad abundante, bosques, corales y manglares, entre otros, proveedores de múltiples servicios a la población. Estos ecosistemas menguan y algunos ya están severamente degradados por el actual patrón de desarrollo insostenible, y serán más afectados aún por el cambio climático. La población relativamente joven todavía y la diversidad cultural, étnica, lingüística y de estilos de vida de la región son tesoros que requieren inversión para desarrollar sus capacidades. Los conocimientos locales y de los pueblos indígenas deben ser valorizados.

La evaluación del impacto económico del cambio climático es objeto de intenso debate, cuyo desarrollo utiliza diversos métodos y técnicas (Nordhaus y Boyer, 2000 y Stern, 2007). Cada método supone ventajas y sesgos, y no es posible elegir uno superior en todos sus aspectos. El objetivo del proyecto “La Economía del Cambio Climático en Centroamérica” es realizar una evaluación económica del impacto del cambio climático en Centroamérica con diferentes escenarios de desarrollo y trayectorias de emisiones, frente a los costos y beneficios de potenciales respuestas de inacción (business as usual en inglés) y de opciones de políticas públicas de adaptación y mitigación para

prevenir, reducir o minimizar los impactos negativos. El proyecto es realizado por la Comisión Económica Para América Latina (CEPAL), los Ministerios de Ambiente y Hacienda/Finanzas de los siete países de Centroamérica, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) del Sistema de Integración de Centroamérica (SICA) y la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA), con financiamiento del Gobierno Británico (DFID).

La metodología del estudio parte de la definición de una trayectoria inercial o base de las actividades económicas, sin incluir los impactos del cambio climático (*business as usual*), proyectando trayectorias de crecimiento sectoriales y de la economía en conjunto. A continuación se evalúan los impactos en ámbitos clave como rendimientos agrícolas y disponibilidad y demanda del agua, cuyos costos son estimados para establecer trayectorias afectadas por el cambio climático. Las diferencias entre ambas trayectorias, actualizadas en función de la tasa de descuento elegida, representan las consecuencias económicas del cambio climático. Se asume que los procesos de adaptación modificarán significativamente el resultado final y que algunos de los impactos más relevantes no tienen un valor económico directo.

Los escenarios climáticos del proyecto estiman cambios de temperatura y precipitación, usando escenarios y modelos climáticos recomendados por el IPCC.¹ En un escenario de emisiones inferior a la tendencia actual al año 2100 (Escenario B2 del IPCC), la temperatura aumentaría de 2,2 °C a 2,7 °C con variaciones por país, con un promedio regional de 2,5 °C respecto al promedio de 1980-2000. En el escenario A2, que mantiene la tendencia actual de emisiones crecientes, la temperatura podría aumentar entre 3,6 °C y 4,7 °C con variaciones por país, con un promedio regional de 4,2 °C.

La trayectoria esperada de los niveles de precipitación es más incierta. En el escenario de emisiones globales B2 al año 2100, la precipitación disminuiría 3% en Panamá, 7% en Guatemala, entre 10% y 13% en Costa Rica, Belice, El Salvador y Honduras, y 17% en Nicaragua. Para la región la reducción promedio sería 11%. El escenario A2 al 2100 sugiere una disminución de la precipitación de 18% en Panamá, 35% en Nicaragua y entre 27% y 32% en Costa Rica, Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras. Para la región se espera una reducción promedio de 28%.

Tomando en cuenta estos resultados climáticos y escenarios tendenciales de crecimiento económico, demográfico y de cambio de uso de tierra, se realizaron estudios de sectores y ámbitos sensibles al cambio climático. Los resultados obtenidos se presentan a continuación.

Eventos extremos. En Centroamérica se han registrado 248 eventos extremos mayores asociados a fenómenos climáticos entre 1930 y 2008. Ha habido múltiples eventos de menor escala cuyos efectos acumulativos no se han evaluado. Los eventos más recurrentes son inundaciones, tormentas, deslizamientos y aluviones, seguidos por sequías, 85% y 9% de los eventos totales registrados. Los desastres con mayor impacto medido son los asociados a ciclones tropicales, cuya ocurrencia se acentúa en la costa atlántica. En las tres últimas décadas los desastres registran un crecimiento anual estimado de 5% respecto a la década de los setenta. Hay consenso de que el aumento de la intensidad de los huracanes y las tormentas está asociado al cambio climático, y que ésta podrá aumentar entre 5% y 10% durante este siglo respecto a las últimas cuatro décadas. Si se confirma que el incremento de la frecuencia de estos eventos en las últimas décadas también es atribuible al cambio climático, se tendrán que incluir los costos relacionados con su frecuencia así como con su intensidad.

¹ El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) ha establecido cuatro familias de escenarios de vías de desarrollo. Para el presente estudio se recomendó utilizar los escenarios A2 y B2 y cuatro modelos de circulación general, de los cuales se utilizaron tres para el promedio reportado. Véase sección II para mayor información.

Recursos hídricos. Centroamérica es una región privilegiada en disponibilidad de agua, pero su distribución entre países, regiones y en las vertientes del Pacífico y del Atlántico es muy desigual, con grandes variaciones intra e interanuales. Esta situación, relacionada con la precipitación, genera alternativamente inundaciones y períodos de sequía severa. Con el aumento de la población, la demanda de agua podría crecer casi 300% al año 2050 y más de 1600% al 2100 en un escenario tendencial sin medidas de ahorro y sin cambio climático. Con cambio climático, la demanda podría aumentar 20% más que en este escenario base en B2 y 24% más en A2. La disponibilidad total del agua renovable podrá bajar 35% con B2 en relación con la disponibilidad actual y 63% con A2 a 2100. En estos escenarios, El Salvador sería el más afectado, seguido por Honduras y Nicaragua. La combinación de cambios en demanda y disponibilidad con cambio climático genera una posible intensidad de uso del agua en 2100 de 36% para la región en un escenario sin cambio climático, y de 140% con B2 y más de 370% con A2 si no se toman medidas de adaptación y ahorro. Este nivel sería muy superior al umbral de 20%, internacionalmente aceptado como crítico para el estrés hídrico, y similar a Egipto y algunos países de la península arábiga en la actualidad.

Sector agropecuario. Este sector es un motor de la economía de la región, representando 18% del PIB total incluyendo la agroindustria, y será uno de los sectores más afectados por el cambio climático. Según las estimaciones iniciales a nivel agregado para la región, que no incluyen el efecto de medidas de adaptación, con el escenario con cambio climático A2 a 2100 el índice agropecuario arrojaría una reducción de aproximadamente 9%, siendo particularmente afectado el índice pecuario con una caída de 13%. La producción de maíz tendería a crecer en el corto plazo, con rendimientos ligeramente mayores a 2 toneladas por hectárea, pero luego decrecería, hasta llegar posiblemente a 1,4 toneladas por hectárea cerca de 2100. El rendimiento promedio de frijol podrá declinar de más de 0,7 a menos de 0,1 toneladas por hectárea el año 2100. La producción de arroz tenderá a caer del promedio histórico de 3,5 toneladas por hectárea a entre 2 y 1 toneladas por hectárea. (Existen análisis adicionales a nivel nacional que reportan diversos resultados.)

Biodiversidad. Centroamérica contiene el 7% de la biodiversidad del planeta y una gran diversidad geológica, geográfica, climática y biótica. En el escenario de cambio de uso de tierra tendencial (sin cambio climático), el Índice de Biodiversidad Potencial (IBP) bajará aproximadamente 13% durante este siglo, sobre todo en el período hasta 2050. Con el cambio climático, en los escenarios B2 y A2, el IBP disminuiría 33% y 58% a 2100 respectivamente. Los países más afectados serían Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras con reducciones entre 75% y 70% del IBP en el escenario A2.²

Las conclusiones globales del estudio “La Economía del Cambio Climático en Centroamérica” son: El cambio climático es una seria amenaza para las sociedades centroamericanas por sus múltiples impactos previstos en la población y en los sectores productivos. En términos fiscales constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas por varias generaciones. Se estima que Centroamérica produce una muy mínima parte de las emisiones GEI globales (estimada en menos de 0.3% de las emisiones sin cambio de uso de tierra y menos de 0.8% de las emisiones brutas totales³), pero ya es una de las regiones más vulnerables a los embates del cambio climático. Los impactos económicos sobre las economías de Centroamérica son ciertamente significativos, a pesar de las incertidumbres por la interacción entre las variables económicas, las condiciones del clima y los aspectos sociales, políticos y culturales.

² El IBP incluye especies y ecosistemas y hace inferencia sobre la probabilidad de encontrar mayor diversidad en función de una serie de variables relevantes. Por tanto, no necesariamente coincide con el número de especies y ecosistemas actualmente reportados.

³ Estimaciones basadas en los inventarios nacionales de 2000 y cifras globales del IPCC, 2007d, y en la base de datos CAIT del World Resource Institute. Es importante notar la alta incertidumbre relacionada con las emisiones de cambio de uso de tierra.

El cambio climático podrá afectar todos los sectores económicos y sociales directa o indirectamente. Los costos presentados en esta publicación son iniciales y asociados a los impactos analizados en el sector agrícola, recursos hídricos (disponibilidad y consumo municipal y agrícola), biodiversidad (costos registrados económicamente e impacto indirecto en agricultura) y aumento de intensidad de huracanes, tormentas e inundaciones (no incluyendo aumento en su frecuencia y otros tipos de eventos extremos). Entonces, los cálculos presentados representan una visión conservadora e inicial de los costos completos del impacto económico. Con los resultados de los otros estudios programados en el proyecto, se ampliará este estimado inicial.

El estimado inicial del costo medible acumulado a 2100 con A2, basado en los impactos en sector agrícola, recursos hídricos, biodiversidad, huracanes, tormentas e inundaciones, equivale a 73 mil millones de dólares corrientes o 52 mil millones de dólares a precios de 2002, aproximadamente 54% del PIB regional de 2008 a VPN y tasa de descuento de 0,5%. (Con una tasa de descuento de 4% el valor equivalente es de 9% del PIB regional de 2008 a VPN, evidenciando la importancia de cuál tasa se utiliza.) El costo acumulado en el escenario B2 al 2100 equivale a 44 mil millones de dólares corrientes y 31 mil millones de dólares a precios del 2002, aproximadamente 32% del PIB de 2008 a tasa de descuento 0,5%. (Con una tasa de descuento de 4% el valor equivalente es de 6% del PIB regional de 2008 a VPN.) Esto equivale a 60% del valor estimado en el escenario A2 a dólares corrientes. Es importante resaltar que el mayor aumento de costos ocurriría en la segunda mitad del siglo, cuando los efectos de las emisiones serían mayores y en general los costos serían bastante elevados al finalizar el siglo en un escenario de inacción.

A nivel de sectores los costos asociados a la producción agrícola aumentarán de manera acelerada a partir del año 2070, especialmente con A2 y una tasa de descuento de 0,5%. Según el análisis inicial del sector hídrico, los impactos en costos se mantendrán relativamente bajos hasta el 2030, y comenzarán a ser altos a partir de 2070, con efectos negativos para todos los países. El costo de los impactos en la biodiversidad, medida por el IBP, crece de manera exponencial a partir del año 2050, con mayor peso de los costos agropecuarios indirectos. Los eventos extremos también muestran un crecimiento acelerado a partir del año 2050, indicando que un aumento de la temperatura se traducirá en una mayor intensidad de este tipo de fenómenos, con mayores costos para los países.

Si se asume que los cambios de temperatura y precipitación de las últimas décadas son parte del cambio climático y que los impactos de los eventos extremos se han manifestado con mayor intensidad en Centroamérica, los costos incurridos pueden ser estimados. Una estimación preliminar para el período 2000-2007 arrojaría costos del orden de 15 mil millones de dólares a precios de 2002. Guatemala y Costa Rica presentan un costo mayor (5,2 y 2,8 mil millones); el resto de los países registran un valor entre 1,5 y 2 mil millones; Belice menos de 0,2 mil millones. Para el período 2010-2014, los costos serían aproximadamente 10 mil millones de dólares a precios de 2002 para la región. El desglose es: Guatemala (3,6), Costa Rica (2), Belice (0,1), los otros cuatro países (entre 1,3 y 0,9).

Los impactos del cambio climático en Centroamérica en un escenario de emisiones crecientes e inacción global tipo A2 son significativos y crecientes, con cierto grado de heterogeneidad por países. Se confirmaría la asimetría de que los países desarrollados que más han contaminado sufren menos impactos y tienen los recursos para adaptarse. En cambio, los países que menos han contribuido al problema sufren mayores impactos y tienen menos resiliencia. Se confirma también el planteamiento de que los costos de los impactos en un escenario de inacción global, particularmente de los países emisores grandes, serían más elevados que los de un escenario con un acuerdo internacional equitativo e incluyente que lograra reducir significativamente las emisiones. Tendría que ser un acuerdo con

responsabilidades compartidas pero diferenciadas entre los países, que facilite a los países más expuestos tomar medidas de adaptación y mitigación en un marco de desarrollo sostenible.

Desde la óptica económica es más rentable actuar ahora que dejar el problema a las generaciones futuras, además de las consideraciones éticas de esta posición. Los resultados confirman 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 los impactos sociales y los servicios ambientales. Esto implica que, más allá de la valorización económica, se requiere tomar decisiones éticas respecto a las inequidades implícitas sobre las generaciones actuales y futuras. Se debe tomar en cuenta el valor que asignamos a las necesidades de futuras generaciones, y a los ecosistemas y la biodiversidad, que nos prestan múltiples servicios ambientales, los cuales perderemos antes de que el mercado nos de señales de su pérdida gradual.

El reto de adaptación para Centroamérica es altamente preocupante porque exige redoblar esfuerzos para reducir la pobreza, la desigualdad y la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental, y aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa de las sociedades, poblaciones específicas y ecosistemas conexos. Debe admitirse asimismo que habrá límites a la adaptación, con pérdidas y daños no reparables aun si hubiera financiamiento abundante, especialmente en el escenario de inacción con una economía mundial alta en carbono.

Las sociedades centroamericanas necesitan evitar estrategias *ad hoc* de lógica inercial que podrían resolver urgencias pero profundizarían los riesgos. En esta lógica el cambio climático puede considerarse importante pero no atendible a fondo dadas las restricciones presupuestarias profundizadas por la actual recesión global y las presiones de las urgencias sociales y económicas que podrían enfrentarse convencionalmente. En las negociaciones internacionales hay una tendencia a separar las medidas de adaptación de las de mitigación. Esta solución puede ser impráctica para países con recursos fiscales y de inversión limitados.

Más recomendable sería lograr acuerdos nacionales, regionales e internacionales para impulsar **estrategias adaptativas sustentables** que integren las acciones de reducción de vulnerabilidades con las de adaptación y las medidas de transición a economías mas sostenibles y bajas en carbono. Esto incluye acciones de mitigación diseñadas para generar cobeneficios de adaptación en un conjunto de instrumentos encaminados al desarrollo sostenible y equitativo. En este escenario la actual recesión económica global y los riesgos de cambio climático serían convertidos en oportunidad para revisar a profundidad la especialización productiva de las economías. Esto incluiría sus formas de inserción en los mercados regional y global, los vínculos entre sus patrones energéticos y las externalidades negativas por emisiones contaminantes y GEI, pérdidas de salud pública y de cosechas, debilidades de la infraestructura rural y urbana, degradación de ecosistemas y pérdida de sus servicios que se traducen en costos sociales y ambientales crecientes.

Las políticas públicas adaptativas sustentables podrían diseñarse ex ante en forma “empaquetada” y coherente, a partir de sinergias intra e intersectoriales en grandes bloques de políticas, con objetivos sectoriales y territoriales explícitos. En este sentido, los resultados obtenidos por el proyecto sugieren la conveniencia de explorar ejes de opciones de políticas agrupados de la siguiente forma:

- Adaptación de la población humana con políticas de reducción de la pobreza y la desigualdad, incluyendo los ejes de seguridad alimentaria, gestión integral de recursos hídricos y reducción de impactos de eventos extremos con ordenamiento territorial.
- Transición a economías sostenibles, bajas en carbono y eficientes en el uso de recursos naturales, introduciendo cambios estructurales y tecnológicos en torno a los ejes de

seguridad y eficiencia energética, gestión integral de recursos hídricos y reducción de la deforestación.

- Protección de los ecosistemas naturales, especialmente los bosques, para mejorar su propia adaptación y asegurar su provisión perdurable de servicios ecosistémicos a los seres humanos, como un eje clave de transición tanto para las economías sostenibles como para la adaptación.
- Medidas previsoras y proactivas de política fiscal y financiamiento como eje transversal, creando incentivos correctos para la transición económica y la adaptación.
- Apalancamiento de las oportunidades de integración centroamericana, particularmente crítico para la gestión de recursos hídricos, la seguridad alimentaria y energética, la competitividad, el comercio y las negociaciones internacionales.

Las sociedades centroamericanas necesitan volverse audaces gestoras del recurso hídrico, asegurando su uso sostenible y eficiente para beneficio de la población y la producción. Blindar la seguridad alimentaria ante el cambio climático, particularmente de granos básicos, y transitar hacia una agricultura más sostenible es un gran reto, pero necesario para proteger a la población pobre, tanto pequeños productores como consumidores urbanos. La protección de los ecosistemas naturales y su biodiversidad, incluyendo bosques, sistemas montañosos y fluviales, zonas costero-marinas, incluyendo corales y manglares, es vital para mantener los múltiples servicios que éstos proporcionan a la población humana y otros seres vivos. Un elemento esencial de adaptación al cambio climático y la transición a economías bajas en carbono es el cambio tecnológico, entendido como acceso a tecnologías modernas y rescate de conocimientos y tecnologías tradicionales y locales, particularmente de los pueblos indígenas y comunidades campesinas. La región ha desarrollado una seria dependencia de fuentes energéticas importadas y de origen fósil altamente contaminantes. El tránsito a una matriz energética basada en fuentes renovables locales traería múltiples beneficios, mejoraría la seguridad energética, ahorraría divisas y reduciría los impactos negativos de los combustibles fósiles en la salud humana y las emisiones GEI.

Las ventajas y desventajas de estas opciones de respuesta pueden variar entre países y dependen de los acuerdos internacionales por establecerse. Precisamente por este contexto variable e por tratarse de escenarios futuros a largo plazo 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.

Es urgente hacer frente al desafío del cambio climático en forma proactiva. De otro modo las generaciones futuras cargarán un costo muy elevado para mitigarlo y adaptarse a él. El presente estudio demuestra que el valor presente del costo de los impactos del cambio climático resultará demasiado alto a la postre si no tomamos medidas ambiciosas e inmediatas. Debido a que es una falla de mercado, el cambio climático no puede ser tratado como responsabilidad exclusiva de las instituciones ambientales, sino como problema económico central y transversal con serias implicaciones fiscales.

INTRODUCCIÓN

El cambio climático representa una seria amenaza para las sociedades centroamericanas por sus múltiples impactos previstos en la población y en los sectores productivos. En términos fiscales constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas por generaciones. Aunque se estima que para 2030 Centroamérica seguirá produciendo una muy mínima parte de las emisiones de los gases de efecto invernadero (GEI) del planeta, ya es una de las regiones más vulnerables a sus consecuencias. El incremento de la temperatura atmosférica, la reducción y la inestabilidad del régimen de lluvias y el aumento de la temperatura y el nivel del mar, aunados a la intensificación de los fenómenos meteorológicos extremos —como sequías y huracanes— impactarán la producción, la infraestructura, los medios de vida, la salud y la seguridad de la población, además de que debilitarán la capacidad del ambiente para proveer recursos y servicios vitales.

Los Presidentes del Sistema de Integración Centroamericana (SICA), en su Cumbre sobre el Cambio Climático en mayo de 2008, establecieron una serie de mandatos a sus instituciones nacionales y regionales sobre la respuesta al cambio climático, ratificados en su Cumbre de junio de 2010. En el marco de esta iniciativa y en consulta con los ministros del ramo, la CEPAL y el Comité Técnico de Cambio Climático de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) prepararon el proyecto “La economía del cambio climático en Centroamérica.”

El proyecto fue aprobado por los ministerios e inició en enero de 2009 con financiamiento del Ministerio para el Desarrollo Internacional (DFID) del Gobierno británico. Su finalidad es alertar a los tomadores de decisiones y actores clave de la región sobre la urgencia de enfrentar el reto de cambio climático y propiciar un diálogo sobre opciones de políticas y acciones nacionales y regionales. Su objetivo específico es realizar una evaluación económica del impacto del cambio climático en Centroamérica en diversos escenarios de desarrollo y trayectorias de emisiones, frente a los costos y beneficios de potenciales respuestas de inacción (conocida como “*business as usual*”), opciones de reducción de vulnerabilidad, adaptación y transición hacia una economía sostenible y baja en carbono.

El Comité Directivo del proyecto está constituido por los Ministros de Ambiente y Hacienda/Finanzas de los siete países de Centroamérica y cuenta con un Comité Técnico Regional con delegados de dichos Ministerios, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) del Sistema de Integración de Centroamérica (SICA) y la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA); la Sede Subregional de la CEPAL en México funge como Unidad Coordinadora del Proyecto. La iniciativa se coordina con varias divisiones de la CEPAL, especialmente la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos (DDSAH) y la División de Población (CELADE).

El proyecto es parte de una red global de estudios nacionales y regionales sobre la economía del cambio climático y tomó como punto de referencia el Reporte Stern (2007), que realizó una valorización económica del fenómeno a nivel global y alertó que los costos de inacción son más elevados que los de las medidas proactivas y tempranas para mitigar las emisiones. Esta red, que

incluye expertos de la región y miembros del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), ha formulado orientaciones metodológicas para adecuar el análisis a las escalas y a la situación de países en vías de desarrollo.

El estudio establece un escenario macroeconómico tendencial sin cambio climático contra el cual se mide el costo del fenómeno. Se utiliza un análisis de impactos “abajo hacia arriba”, analizando sectores y ámbitos clave como la agricultura, los recursos hídricos, los eventos extremos y los servicios ecosistémicos, para después hacer una valorización económica en función del PIB. Se exploran más ampliamente los retos y las opciones de adaptación y desarrollo de economías baja en carbono. Se adopta un escenario futuro a 2100 (en vez de 2200) con cortes a 2020, 2030, 2050 y 2070 para estimar impactos y costos, manteniendo una perspectiva de largo plazo para evidenciar los riesgos que crecen con el tiempo, particularmente en la segunda mitad del presente siglo, considerando las limitaciones de series de datos históricos. Para opciones de mitigación se adopta a un marco temporal hacia 2030 por la incertidumbre sobre cambios tecnológicos, con cortes a 2010 y 2020. Finalmente, se acuerda un enfoque común para la utilización de tasas de descuento, lo cual se detalla en la sección sobre la valorización económica.

Debe advertirse que prevalece un alto nivel de incertidumbre por tratarse de escenarios a muy largo plazo, y por la integración de diversas “capas” de análisis, como son los escenarios climáticos y macroeconómicos tendenciales, los estudios de impactos en diversos sectores y ámbitos y su valorización económica. En este sentido, los resultados deben ser considerados en función de sus tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas. Igualmente, hay retos metodológicos en los diversos sectores y ámbitos. Más adelante habrá que explorar cómo los cambios en un ámbito influyen en otros.

Desde enero 2009 se han desarrollado los siguientes componentes del proyecto: Escenarios climáticos, Escenarios base macroeconómicos y demográficos, Cambio de uso de tierra, Recursos hídricos, Agricultura, Biodiversidad, Eventos extremos con apoyo financiero de DANIDA, Energía, Valorización económica de impactos (etapa inicial), Pobreza y adaptación (etapa inicial), Escenarios de emisiones y oportunidades/costos de reducciones, Opciones de políticas (etapa inicial). Actualmente están en proceso estudios sobre ecosistemas/bosques y sequía, este último en colaboración con el Mecanismo Mundial de la Convención de Naciones Unidas contra la Desertificación y la Degradación.

En función de los mandatos de los Ministros de Ambiente el proyecto seguirá con componentes sobre salud, pobreza y poblaciones vulnerables, ecosistemas y bosques, zonas marino-costeras, opciones de adaptación, reducción de emisiones y transición a economías bajas en carbono y sus potenciales costos, implicaciones fiscales y mecanismos de financiamiento y fortalecimiento de capacidades. Es importante observar que las ventajas y desventajas de diversas opciones de política pueden variar entre países y dependen de acuerdos internacionales aún por establecerse. Por este contexto variable e incierto, el proyecto busca proporcionar un análisis diverso, no necesariamente vinculado a la posición de algún país en particular. El proceso consultivo con los socios institucionales principales se ampliará con actividades de divulgación y discusión de los resultados y de fortalecimiento de capacidades técnicas en los próximos años.

El presente documento Síntesis resume los hallazgos del primer año y medio de trabajo; contiene esta introducción, los mensajes clave y secciones que resumen los resultados y recomendaciones iniciales de los diversos estudios. Fue preparado por la Unidad Coordinadora del Proyecto (UCP) y revisado por el Comité Técnico Regional (CTR). El documento ha sido presentado a los Ministros miembros del Consejo Director del proyecto. Posteriormente se publicará un Documento Técnico que relatará los resultados y las metodologías en mayor detalle.

I. ESCENARIOS CLIMÁTICOS

INTRODUCCIÓN

El clima terrestre es un bien público común, soporte de la vida de millones de especies de animales, plantas y otras formas de vida y es producto de la constante y compleja interacción entre la atmósfera, los océanos, las capas de hielo y nieve y los continentes del planeta. También es uno de los elementos que determinan el éxito o el fracaso de muchas actividades económicas de los seres humanos. El IPCC ha confirmado que existe un 90% de confianza de que el calentamiento global del siglo XX se debe al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (GEI) antropogénicas.⁴ El incremento de las temperaturas medias del aire y del océano, el derretimiento generalizado del hielo y de la nieve y la elevación del nivel medio del mar son evidencias inequívocas del calentamiento del sistema climático (IPCC, 2007a).

El análisis de las tendencias climatológicas históricas de Centroamérica detecta una tendencia ascendente de la temperatura media anual de entre 0,6 °C y 0,76 °C en las últimas tres décadas. En cuanto a los niveles de precipitación anual de las últimas tres décadas respecto al período 1950-1979, El Salvador, Guatemala y Honduras registran una ligera tendencia descendente, Costa Rica y Nicaragua se han mantenido relativamente estables, mientras Panamá y Belice registran un ligero crecimiento. No obstante, la característica más llamativa de la precipitación histórica es su alta volatilidad inter e intra-anual y su variabilidad geográfica. En efecto, el Istmo Centroamericano ha presentado en años recientes una alta variabilidad climática así como mayores eventos extremos (IPCC, 2007b). El Niño - Oscilación del Sur (ENOS) es la causa principal de la variabilidad del clima. Durante las tres últimas décadas, la región ha enfrentado los impactos climáticos relacionados con la intensificación en la ocurrencia del ENOS con dos eventos extremadamente intensos del fenómeno El Niño en 1982-1983 y en 1997-1998.⁵ (Threnberth y Stepaniak, 2001; para mayor información sobre los cambios climáticos históricos y los estudios realizados anteriormente, favor de referirse al Informe de Factibilidad (CEPAL y DFID, 2009)).

⁴ El Panel Intergubernamental de Cambio Climático fue establecido por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en 1988. Su función es analizar de forma exhaustiva, objetiva, abierta y transparente, la información científica, técnica y socioeconómica relevante para entender los elementos científicos del riesgo que supone el cambio climático provocado por las actividades humanas, sus posibles repercusiones y las posibilidades de adaptación. Participan aproximadamente 2.500 científicos y representantes de aproximadamente 100 gobiernos. (http://www.ipcc.ch/home_languages_main_spanish.htm#1).

Los principales gases de efecto invernadero GEI son dióxido de carbono, óxido nitroso, metano y ozono, además del vapor de agua. Otros GEI son los halocarbonos, el hexafluoruro de azufre, los hidrofluorocarbonos y los perfluorocarbonos. IPCC, 2001a, 2001b, 2001c.

⁵ ENSO es un fenómeno climático que provoca calentamiento de las aguas de Pacífico oriental y cambios de patrones de precipitación en Centroamérica; bajo eventos severos se ha registrado una disminución importante en los acumulados de lluvia, el inicio de la época lluviosa, con implicaciones de menor disponibilidad de agua, más incendios, etc.

Se observa que la región Pacífico del Istmo se caracteriza por una época seca de diciembre a abril, y otra húmeda de mayo a noviembre, aproximadamente, con algunas variaciones. La distribución anual de la lluvia es bimodal, con máximos en junio y septiembre-octubre y una disminución en julio, la cual se conoce como canícula o veranillo (P. Ramírez, 1983; Víctor Magaña, Jorge A. Amador y Medina, 1999; García y Fernández, 1996a, 1996b; J. Amador y otros, 2006). Temporales asociados a la ocurrencia de ciclones tropicales son factores importantes de la precipitación observada (Fernández y Barrantes, 1996). Aun cuando los ciclones tropicales tengan trayectorias similares, la distribución de las lluvias asociadas puede variar (Fernández y Vega, 1996). En la región del Caribe llueve prácticamente todo el año sin estación seca definida. De diciembre a marzo, la precipitación se asocia principalmente a los empujes polares (Schultz, Bracken y Bosart 1998).

ESCENARIOS CLIMÁTICOS FUTUROS

En el marco del proyecto “La economía del cambio climático en Centroamérica” se simularon escenarios climáticos de temperatura y precipitación para el período 2006-2100 para los siete países, con el apoyo del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México. Se construyó un escenario base de la climatología observada en la región para el período 1950-2000. Para calcular los escenarios futuros a nivel de país se usaron la climatología de la base CRU TS3.0 del período 1961-1990 y la base del WORLDCLIM del período 1950-2000. Para el estudio de Centroamérica se recomendó utilizar principalmente los escenarios A2 y B2 del IPCC por identificar en ellos algunas características que podrían ser consistentes con el tipo de desarrollo observado en la región.⁶ Estos escenarios han sido utilizados en estudios regionales de América del Sur, México y el Caribe, lo que permite compararlos con el presente estudio.

A pesar de que ninguno de los escenarios del IPCC es de estabilización ni incluyen acciones de mitigación, los escenarios A1B (Emisiones medias-altas en el rango de SRES), B2 (emisiones medias-bajas en el rango del SRES) y B1 (las emisiones bajas de SRES) ofrecen la ventaja de que pueden ser utilizados como sustitutos de escenarios de estabilización a 750 ppm, 650 ppm y 550 ppm, respectivamente, debido a la similitud de trayectorias (IPCC, 2007b). El escenario A2 representa una línea de emisiones alta en el rango de SRES y no guarda similitud con ningún escenario de estabilización. En este sentido, la utilización de los escenarios B2 y A2 genera un rango de emisiones entre globales medias-bajas y emisiones que siguen la tendencia en ausencia de esfuerzos de reducción.

Para seleccionar los modelos de circulación general a utilizarse se generaron escenarios utilizando 22 de los modelos presentados en el cuarto reporte del IPCC. Las salidas de estos modelos, con todos los escenarios de emisiones, fueron construidas para 12 regiones del Istmo a fin de proporcionar una estimación del rango de incertidumbre en los escenarios de cambio climático y que no se perdiera información potencialmente importante para la estimación de impactos y para la toma de decisiones. Tomando en cuenta los criterios sugeridos por el TGICA-IPCC⁷, se escogieron cuatro modelos capaces de representar el rango de incertidumbre. De esta manera se recomendó usar los modelos ECHAM5, HADGEM1/HADCM#, GFDL CM2.0, y MIROC32-HIRES.

⁶ Las características de los escenarios son: Escenario A2: Mundo muy heterogéneo, autosuficiente y conservación de las entidades locales; Escenario B2: Mundo en el que predominan las soluciones locales a la sostenibilidad económica, social, medio ambiental, nivel de desarrollo económico intermedio y cambio de tecnología. Los otros escenarios: Escenario A1: Mundo futuro con rápido crecimiento económico y rápida introducción de tecnologías nuevas y más eficientes. La familia A1 incluye el escenario A1B, que considera una matriz energética más balanceada. Escenario B1: Mundo convergente preponderante en las soluciones de orden mundial encaminadas a la sostenibilidad económica, social y medio ambiental. IPCC, 2000.

⁷ Task Group on Data and Scenario Support for Impact and Climate Analysis.

Los resultados de las proyecciones de los escenarios de temperatura media anual para el siglo XXI con el escenario B2 y el promedio de los tres modelos ECHAM5, HADCM3 y GFDL CM2.0 mostrarían lo siguiente (véase el cuadro 1.1):

- Al año 2020, aumentos entre 0,5 °C y 0,6 °C, dependiendo del país, con un promedio para Centroamérica de 0,5 °C respecto al promedio del período 1980-2000.
- Al año 2050 se experimentaría un aumento de 1,2 °C a 1,4 °C, con un promedio para Centroamérica de 1,3 °C respecto al promedio del período 1980-2000.
- Al 2100, la anomalía podría ubicarse en un rango de 2,2 °C a 2,7 °C, dependiendo del país, con un promedio regional de 2,5 °C. Estos resultados regionales son compatibles con los esperados a nivel global por el IPCC.

CUADRO 1.1
CENTROAMÉRICA: CAMBIO DE TEMPERATURA MEDIA
ESCENARIO B2, PROMEDIO DE TRES MODELOS, 1980-2000 A 2100
(En grados centígrados)

País	2020	2030	2050	2070	2100
Costa Rica	0,53	0,83	1,23	1,77	2,40
Belize	0,57	0,90	1,33	2,00	2,40
El Salvador	0,53	0,97	1,40	1,97	2,63
Guatemala	0,57	1,00	1,43	2,10	2,67
Honduras	0,50	0,90	1,40	1,93	2,53
Nicaragua	0,57	0,90	1,37	1,80	2,43
Panamá	0,50	0,80	1,23	1,70	2,20
Centroamérica	0,53	0,90	1,33	1,87	2,50

Fuente: Elaboración propia. Nota: Para la anomalía del HADCM3 se tomó la de 2099 ya que el modelo no incluye pronóstico para el año 2100. Para calcular las anomalías se tomó el clima del año referido respecto a la climatología 1980-2000.

Con el escenario A2 y el promedio de los tres modelos (ECHAM5, HADGEM y GFDL CM2.0), se prevén los siguientes cambios de temperatura media anual respecto al promedio del período 1980-2000 (cuadro 1.2 y gráfico 1.1):

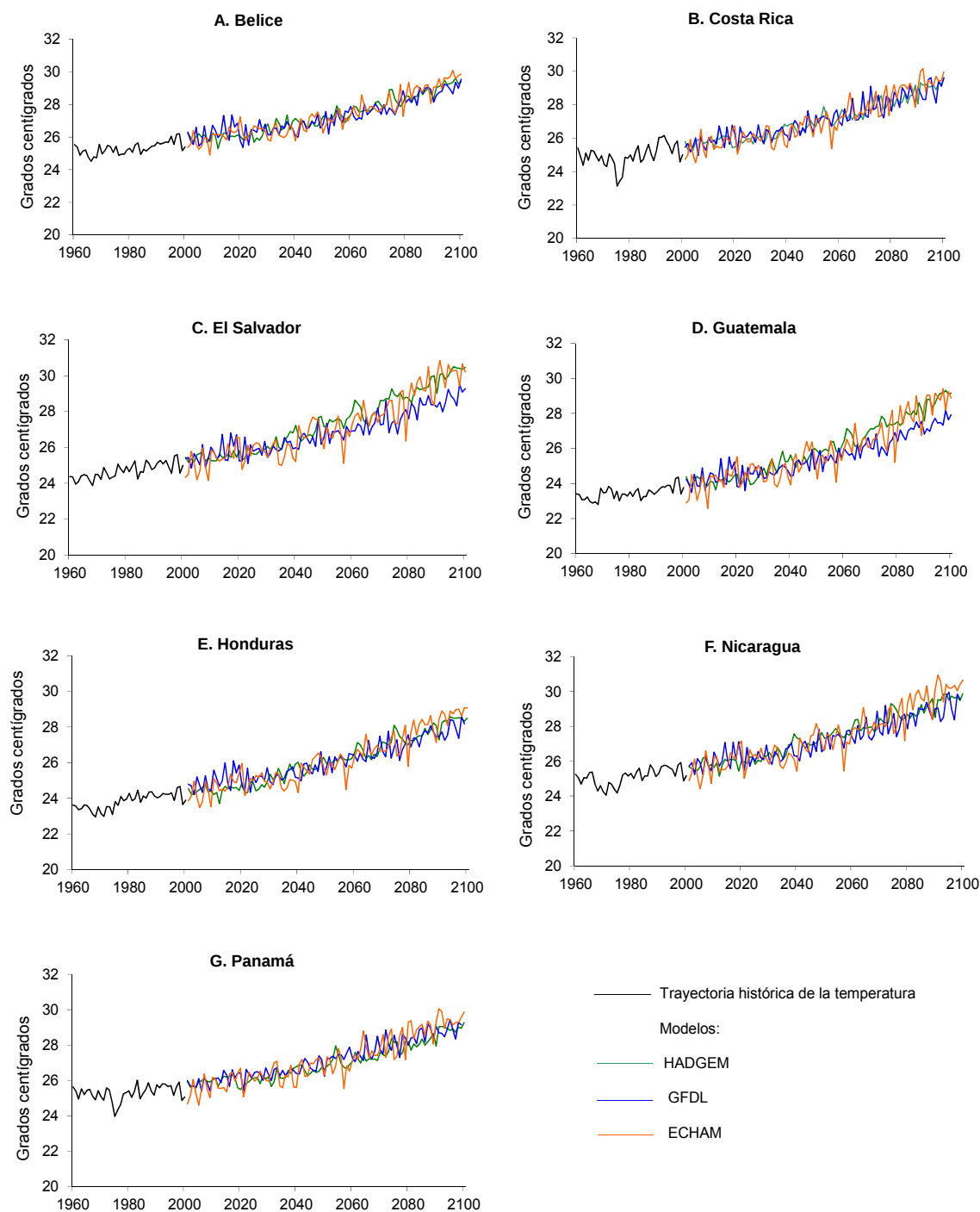
- Al año 2020, la temperatura media anual de los países centroamericanos alcanzaría aumentos entre 0,6 °C y 0,8 °C con un promedio regional de 0,7 °C.
- A 2050, los países tendrían aumentos entre 1,5 °C y 2,0 °C, con un promedio regional de 1,7 °C.
- A 2100, la temperatura media anual podrá haber subido entre 3,6 °C y 4,7 °C por país y un promedio regional de 4,2 °C.
- El IPCC estimó un rango probable de 2 °C a 5,4 °C y un mejor cálculo de 3,4 °C a 2090-2099 relativo a 1980-1999. Estos escenarios se ubican por arriba de los esperados a nivel global.

CUADRO 1.2
CENTROAMÉRICA: CAMBIO DE TEMPERATURA MEDIA
ESCENARIO A2, PROMEDIO DE TRES MODELOS, 1980-2000 A 2100
(En grados centígrados)

País	2020	2030	2050	2070	2100
Costa Rica	0,63	0,77	1,60	2,43	3,90
Belize	0,70	0,83	1,53	2,37	3,70
El Salvador	0,77	0,93	2,03	2,90	4,73
Guatemala	0,80	1,00	2,00	2,93	4,73
Honduras	0,73	0,87	1,83	2,73	4,20
Nicaragua	0,73	0,87	1,90	2,73	4,30
Panamá	0,63	0,77	1,47	2,30	3,60
Centroamérica	0,70	0,83	1,73	2,60	4,17

Fuente: Elaboración propia. Nota: Para calcular las anomalías se tomó el clima del año referido respecto a la climatología 1980-2000.

GRÁFICO 1.1
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA ANUAL,
ESCENARIO A2, 1960-2100

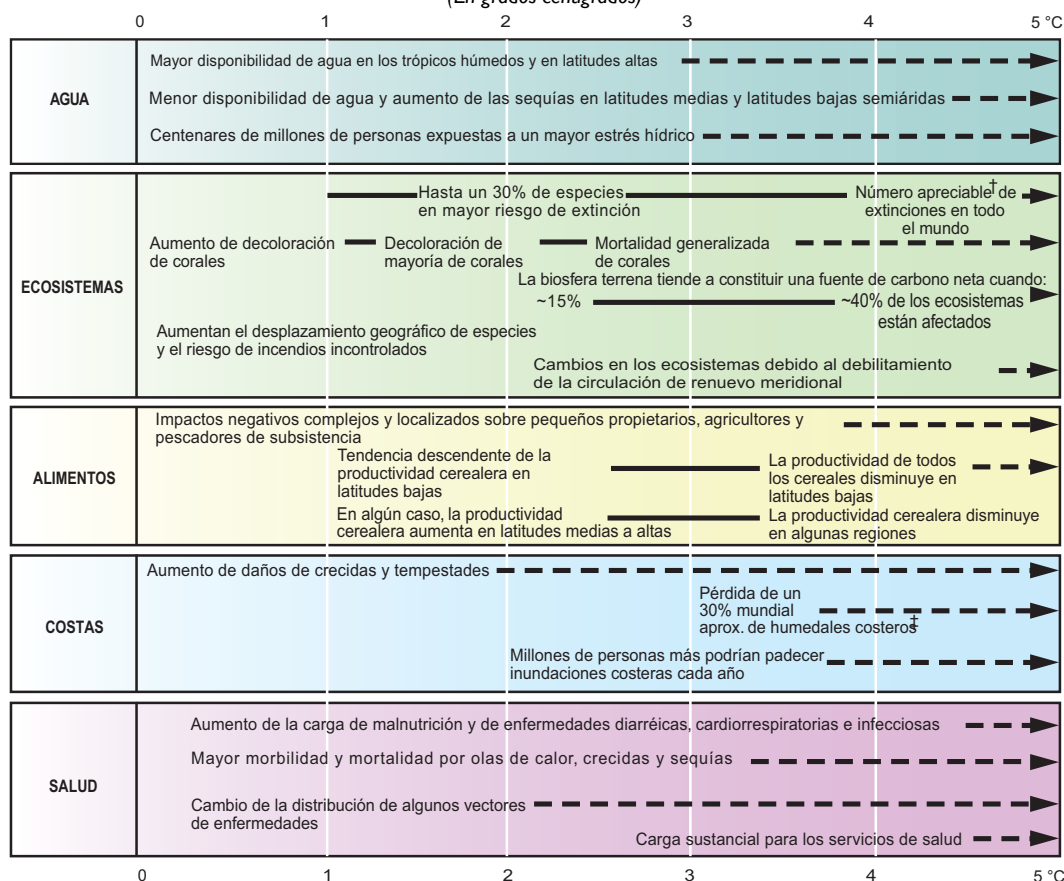


Fuente: Elaboración propia.

Los escenarios de temperatura para Centroamérica se pueden relacionar con los impactos estimados por el IPCC ilustrados en la figura 1.1. Para 2050 Centroamérica podría sufrir los impactos

indicados en la figura en el rango entre 1,0 °C a 2,0 °C y, para 2100, a partir de aproximadamente 2,5 °C hasta 5 °C en algunos países.

FIGURA 1.1
CAMBIO ANUAL MEDIO MUNDIAL DE LA TEMPERATURA, 1980 - 1999
(En grados centígrados)



† Se entiende por 'apreciable' más de un 40%. ‡ Basado en la tasa promedio de aumento del nivel del mar, es decir, 4,2 mm/año entre 2000 y 2080.

Fuente: IPCC, 2007a: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático.

Los modelos no registran una tendencia clara de la precipitación en la primera mitad del siglo, pero muestran una tendencia descendente de la media anual con distintas magnitudes hacia el 2100. En el escenario B2 con el promedio de los tres modelos al 2100 se espera una disminución de la precipitación de 3% en Panamá, 7% en Guatemala, entre 10% y 13% en Costa Rica, Belice, El Salvador y Honduras, y 17% en Nicaragua. Para la región se estima una reducción promedio de 11%. El escenario A2 al 2100 indica una posible disminución de la precipitación del 18% en Panamá, 25% en Nicaragua y entre 27% y 32% en Costa Rica, Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras. Para la región se estima una reducción promedio de 28%. Como ninguno de los modelos tiene mayor probabilidad de ocurrir, es importante no menospreciar los escenarios más amenazantes.⁸

⁸ En el escenario B2 al 2050, el modelo HADCM3 indica una disminución de los niveles de precipitación entre 2% y 13% respecto a los del período 1980-2000, con excepción de Panamá (0%). El modelo GFDL reporta reducciones de entre 8% y 16%, dependiendo del país. No obstante, el modelo ECHAM5 reporta un ligero aumento de 0% a 9% de los niveles de precipitación, con excepción de Belice (-1%). En el mismo escenario al 2100, el modelo HADCM3 registra una mayor contracción de los niveles de precipitación media anual entre 24% y 67%. El modelo GFDL indica una reversión de la tendencia negativa hasta 2100, con un rango de anomalía entre +13% y -2% relativo a 1980-2000. El modelo ECHAM mantiene una tendencia de aumento entre 1% y 14%.

Estos resultados reflejan el alto nivel de variabilidad ya inherente a los patrones de precipitación, los cuales se exacerbarían con el cambio climático en períodos intraanuales e interanuales, y una alta incertidumbre en el modelaje de la precipitación y sus escenarios futuros. Se observa que la magnitud de los posibles aumentos será menor que las posibles reducciones, algunas muy serias, que los modelos proyectan. Esto sugiere una alta vulnerabilidad de la región y deduce que el manejo del recurso hídrico será prioritario en las respuestas al cambio climático, considerando que la adaptación a los aumentos de temperatura pudiera demandar mayor uso de agua, lo cual será condicionado por la alta incertidumbre en los patrones futuros de lluvias. Es importante señalar que estas estimaciones tienen algún grado de incertidumbre relacionada con las emisiones GEI futuras, la variabilidad climática natural y la inherente a los modelos de circulación general, cuyos resultados ante las mismas condiciones de emisiones y los mismos horizontes arrojan rangos de variación muy amplios. En este contexto, la estimación de los impactos de un aumento de la temperatura y particularmente de cambios en los patrones de precipitación, con base en la información de los escenarios regionales, es aun un problema de frontera con un alto nivel de incertidumbre. A continuación se presentan los cuadros 1.3 y 1.4 con los resultados de precipitación con B2 y A2 con el promedio de los tres modelos y el gráfico 1.2 que corresponde a A2 con cada uno de los tres modelos.

CUADRO 1.3
CENTROAMÉRICA: CAMBIO DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL
ESCENARIO B2, PROMEDIO DE TRES MODELOS, 1980-2000 A 2100
(En porcentajes)

País	2020	2030	2050	2070	2100
Costa Rica	-0,73	-8,43	-3,08	-1,43	-10,40
Belice	3,67	-3,93	-7,88	-10,43	-12,60
El Salvador	5,40	-3,53	-2,44	0,43	-11,03
Guatemala	3,30	-0,60	-0,10	-3,33	-7,23
Honduras	6,17	-4,47	-7,18	-6,50	-12,27
Nicaragua	5,30	-6,57	-7,31	-6,17	-17,43
Panamá	4,37	-2,67	-2,36	-3,10	-2,90
Centroamérica	3,90	-4,30	-4,33	-4,37	-10,53

Fuente: Elaboración propia. Nota: Para la anomalía del HADCM3 se tomó la de 2099 ya que el modelo no incluye pronóstico para 2100. Para calcular las anomalías se tomó el clima del año referido respecto a la climatología 1980-2000.

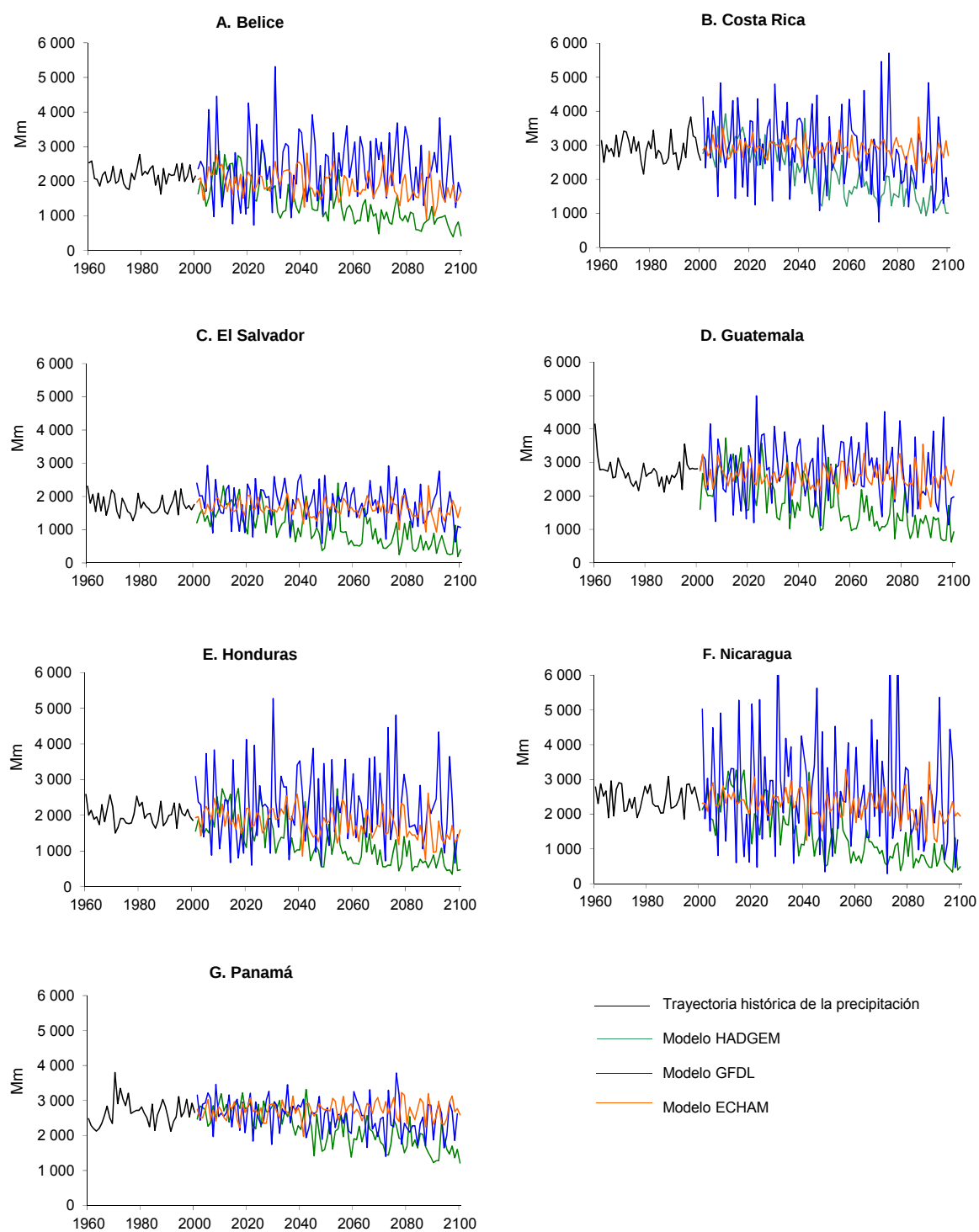
CUADRO 1.4
CENTROAMÉRICA: CAMBIO DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL
ESCENARIO A2, PROMEDIO DE TRES MODELOS, 1980-2000 A 2100
(En porcentajes)

País	2020	2030	2050	2070	2100
Costa Rica	1,77	3,87	-12,47	-14,83	-26,53
Belice	-3,47	-0,13	-15,23	-16,93	-30,17
El Salvador	-2,67	-0,63	-15,23	-15,73	-31,27
Guatemala	-1,53	-1,33	-12,73	-14,17	-26,80
Honduras	-2,20	4,17	-15,70	-17,43	-32,03
Nicaragua	-0,60	4,87	-17,93	-17,73	-34,87
Panamá	1,53	1,97	-7,97	-9,93	-17,53
Centroamérica	-1,03	1,83	-13,87	-15,27	-28,43

Fuente: Elaboración propia. Nota: Para calcular anomalías se tomó como base el clima del año referido respecto a la climatología 1980-2000.

En el escenario A2 al 2050, el modelo HADGEM1 indica serias disminuciones de la precipitación en todos los países, entre 24% y 47%. El modelo ECHAM5 señala reducciones de 2% a 19%, con excepción de Panamá (+4%). El modelo GFDL indica variaciones entre +11% y -4%, dependiendo del país. En el mismo escenario al 2100, el modelo HADGEM1 señala disminuciones extremas por país entre 41% y 72% de la precipitación media anual. El modelo ECHAM5 señala reducciones entre 8% y 32%, dependiendo del país, con excepción de Panamá (0%). El GFDL CM2.0 señala un menor impacto e incluso un aumento en dos países (+4% y -16%).

GRÁFICO I.2
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN ACUMULADA ANUAL, ESCENARIO A2, 1960-2100



Fuente: Elaboración propia.

II. ESCENARIOS MACROECONÓMICOS Y DEMOGRÁFICOS

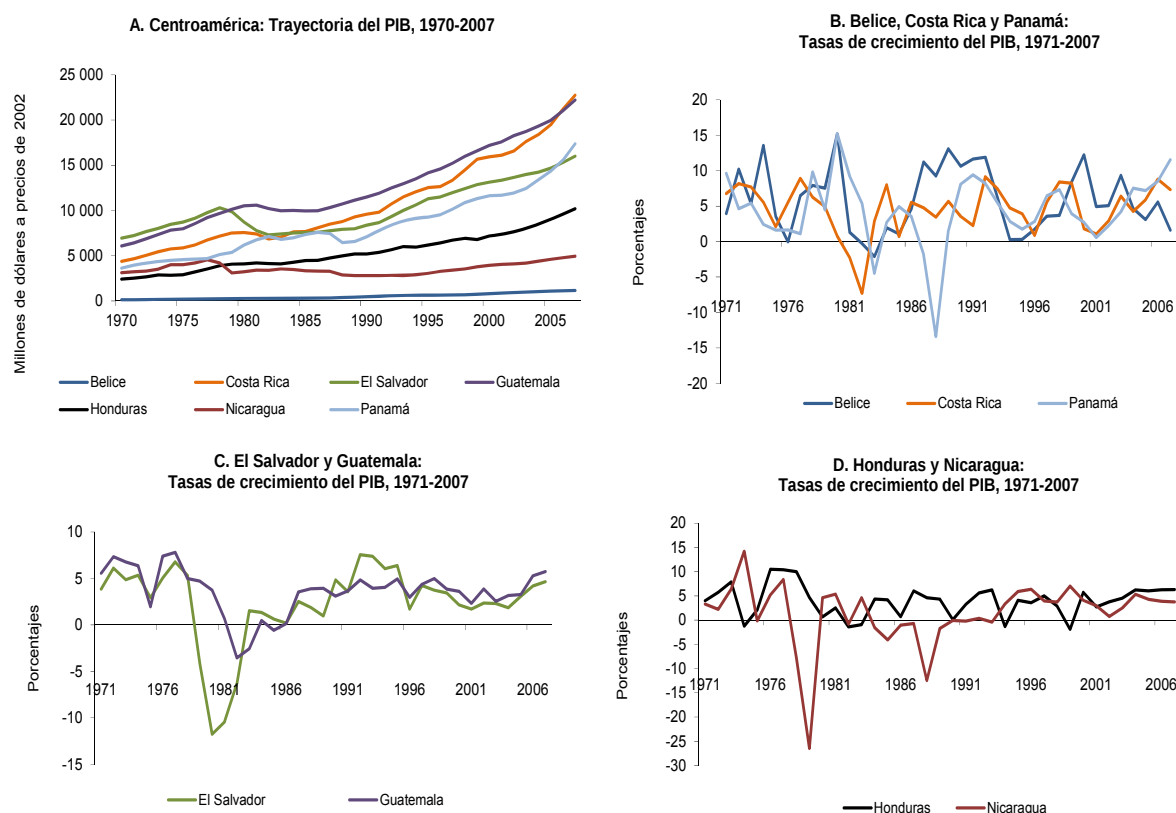
ESCENARIOS MACROECONÓMICOS SIN CAMBIO CLIMÁTICO

Desde la óptica económica, el clima global es un bien público. Por tanto, su uso indiscriminado como receptáculo de GEI es la mayor externalidad negativa global que haya existido (Stern, 2007). Los impactos económicos del cambio climático proyectados para este siglo son impresionantes, por lo que determinarán en gran medida las características y condiciones del desarrollo económico futuro (Hallegatte, 2009). El cambio climático es uno de los temas de mayor relevancia en la agenda política a nivel internacional. Para las economías de Centroamérica es muy importante identificar y cuantificar los posibles impactos del cambio climático a fin de instrumentar políticas de adaptación que reduzcan los impactos negativos. Debe señalarse que la valuación económica de dichos impactos es una tarea compleja cuyos diversos aspectos demandan asumir supuestos importantes sobre la trayectoria de diferentes variables, con el objetivo de construir y simular diversos escenarios que relacionen la evolución económica con su impacto ambiental.

En este sentido se requiere contar con una línea base de crecimiento económico por país y a nivel de los principales sectores productivos sin cambio climático, que sirva como línea base contra la cual valorar el impacto del fenómeno. Es importante aclarar que tales escenarios no representan un compromiso de meta de crecimiento de los países, sino un ejercicio de prospectiva para estimar el costo económico del cambio climático.

La evidencia empírica muestra que durante el período de 1960 a 2007, las economías de Centroamérica mostraron trayectorias de crecimiento volátiles en un contexto de cambios estructurales. Hacia finales de los años setenta y durante los ochenta, los países de la región enfrentaron situaciones económicas, sociales y políticas adversas, incluyendo períodos de inestabilidad política, rupturas institucionales y guerras civiles en algunos países, además de choques externos como la crisis de la deuda externa. En los últimos 20 años se ha registrado una recuperación del crecimiento, aunque inferior al de los años sesenta. El crecimiento económico ha seguido, pues, un patrón de fluctuaciones dentro de una tendencia creciente, lo cual permite identificar los límites de crecimiento potencial a largo plazo (véase el gráfico 2.1).

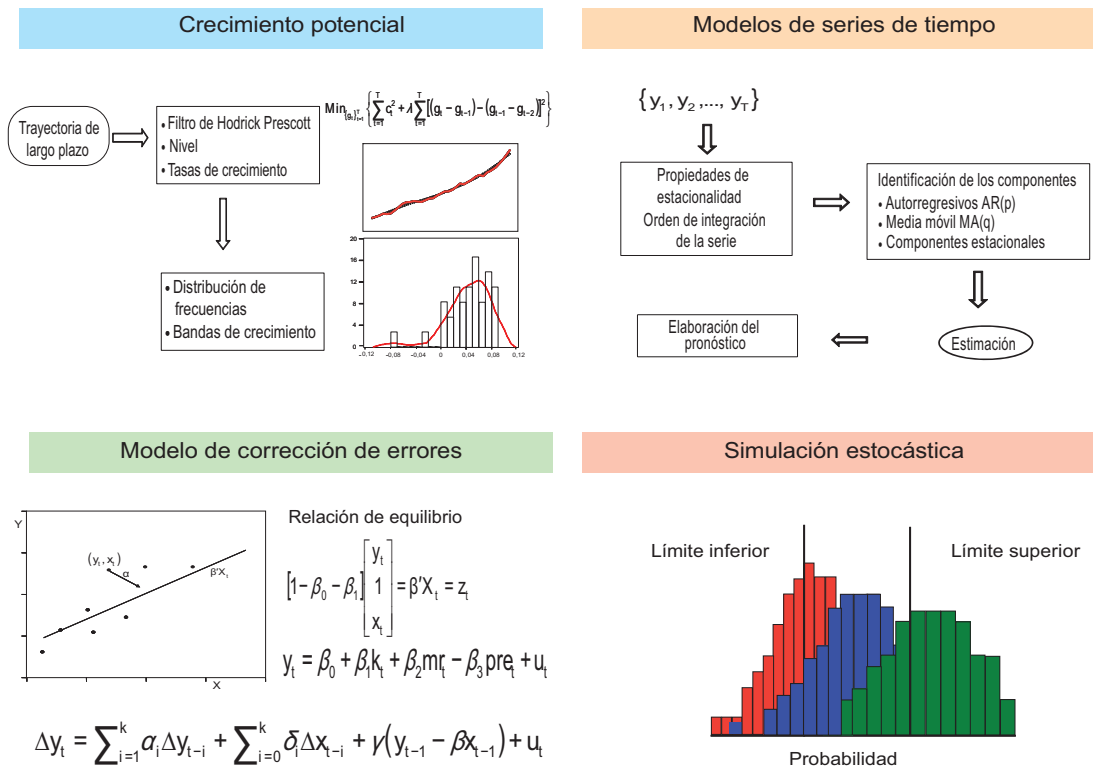
GRÁFICO 2.1
CENTROAMÉRICA: TRAYECTORIAS Y TASAS DE CRECIMIENTO DEL PIB



Fuente: Con base en información de la CEPAL.

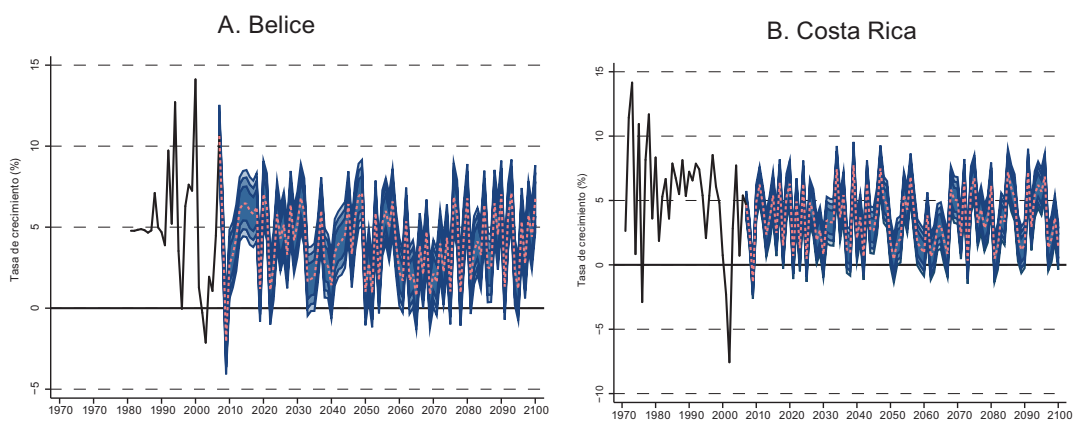
La metodología utilizada para establecer escenarios macroeconómicos al 2100 es una combinación de instrumentos de análisis econométrico. Las limitaciones de información y los cambios estructurales en la mayoría de las series económicas de estos países llevaron a elegir métodos de estimación uniecuacionales. Es importante destacar que en la construcción de escenarios para los países de la región centroamericana se buscó combinar la información empírica disponible del comportamiento sistemático de las series con la teoría económica relevante. Deben sin embargo reconocerse las dificultades al aplicar determinadas técnicas econométricas de pronóstico que serían óptimas dados los supuestos de que no existieran problemas de especificación, los parámetros fueran constantes y las series fueran estacionarias, dado que en el caso de los países centroamericanos se desconoce el modelo verdadero, existen cambios estructurales relevantes y ciertas series económicas no son estacionarias. En todo caso se optó por combinar las siguientes técnicas: crecimiento potencial por medio de filtros, modelos de series de tiempo y modelos de corrección de error. Las trayectorias resultantes se utilizan en una simulación Montecarlo para obtener las bandas de probabilidad donde se ubica las tasas de crecimiento promedio anual a largo plazo (véanse figura 2.1 y gráfico 2.2).

FIGURA 2.1
TÉCNICAS UTILIZADAS EN LA CONSTRUCCIÓN DE ESCENARIOS MACROECONÓMICOS

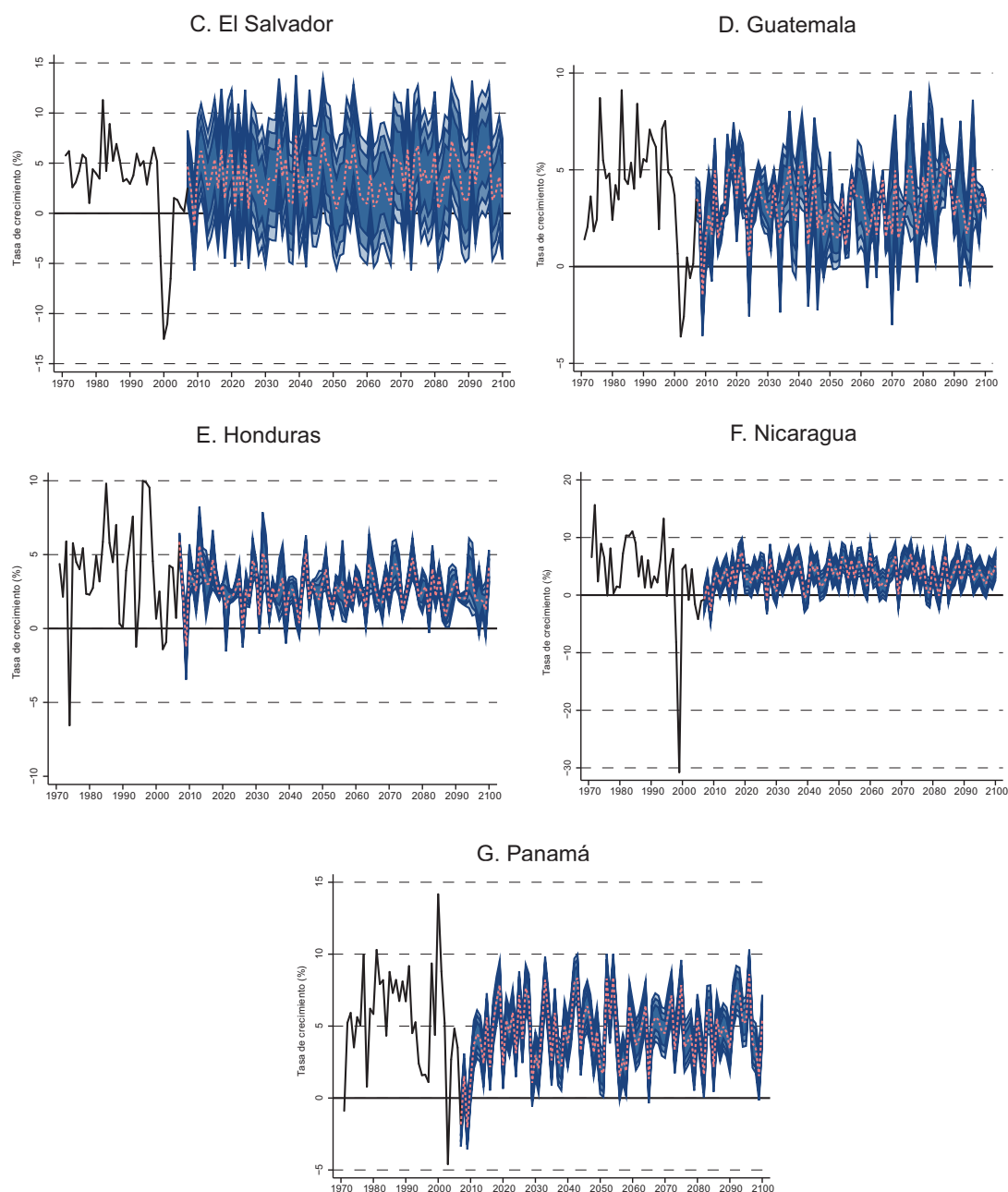


Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2.2
CENTROAMÉRICA: ESCENARIOS DEL CRECIMIENTO DEL PIB A 2100
(Fan Charts de la tasa de crecimiento con bandas de probabilidad de 90%, 80% y 60%)



(Continúa)

GRÁFICO 2.2 (conclusión)

Fuente: Elaboración propia.

Bajo estas consideraciones se han tomado como referencia tres escenarios de crecimiento económico. El escenario base asume una dinámica de formación de capital similar al promedio observado en las últimas dos décadas, un crecimiento estable del sector financiero y una tendencia a una mayor estabilidad macroeconómica (en términos de inflación), considerando que el precio de la energía afecta la trayectoria de crecimiento. Los escenarios asumen que la volatilidad de precios de alimentos, energéticos y las crisis financieras serán más frecuentes, por lo que el escenario bajo o pesimista asume un nivel de probabilidad de 20%. En contraste, el escenario alto u optimista asume

un nivel de probabilidad de 10% que el conjunto de la economía de Centroamérica crecerá a tasas elevadas. Los estudios sectoriales usaron la tasa de crecimiento base y formularon ecuaciones para los productos agropecuario, industrial y de servicios de cada país (véase el cuadro 2.1).

Escenario base. Corresponde a la media entre el límite inferior y el límite superior de la trayectoria esperada con una probabilidad de 60%. Por lo tanto, se espera que el crecimiento promedio anual para el período de 2008-2100 sea 3,59% para Belice; 3,09% para Costa Rica; 3,22% para El Salvador; 3,18% para Guatemala; 3,17% para Honduras; 3,07% para Nicaragua y 3,53% para Panamá.

Escenario de bajo crecimiento. A fin de contar con un escenario de menor crecimiento se ha decidido utilizar el límite superior de la trayectoria con 20% de probabilidad. Así, Belice tendría una tasa de 2,81%; Costa Rica 2,42%; El Salvador 2,26%; Guatemala 2,67%; Honduras 2,76%; Nicaragua 2,34% y Panamá 2,90%.

Escenario de alto crecimiento. Un ritmo de crecimiento acelerado es muy poco probable, por lo cual se decidió utilizar el límite inferior de la trayectoria con 10% de probabilidad. Belice registraría una tasa de 4,11%; Costa Rica 3,77%; El Salvador 3,88%; Guatemala 3,78%; Honduras 4,21%; Nicaragua 3,79% y Panamá 4,11%.

La elección de estos escenarios corresponde a contar con una trayectoria del crecimiento de las economías a fin de evaluar los impactos del cambio climático, por lo cual se considera la tasa de crecimiento con mayor probabilidad ubicada en la media de la trayectoria con mayor probabilidad de ocurrencia. Por otra parte, los dos escenarios adicionales, con un menor ritmo y un mayor crecimiento permiten evaluar los impactos bajo distintas trayectorias de crecimiento compatibles con el rango de las tasas de crecimiento supuestas en los escenarios de emisiones del IPCC.

CUADRO 2.1
CENTROAMÉRICA: ESCENARIOS DE LA TASA DE CRECIMIENTO DEL PIB, 2008 A 2100
(En porcentajes)

País	Escenario		
	Bajo	Base	Alto
Belice	2,81	3,59	4,11
Costa Rica	2,42	3,09	3,75
El Salvador	2,26	3,22	3,88
Guatemala	2,67	3,18	3,78
Honduras	2,76	3,17	4,21
Nicaragua	2,34	3,07	3,79
Panamá	2,90	3,53	4,11
Centroamérica	2,61	3,25	3,93

Fuente: Elaboración propia.

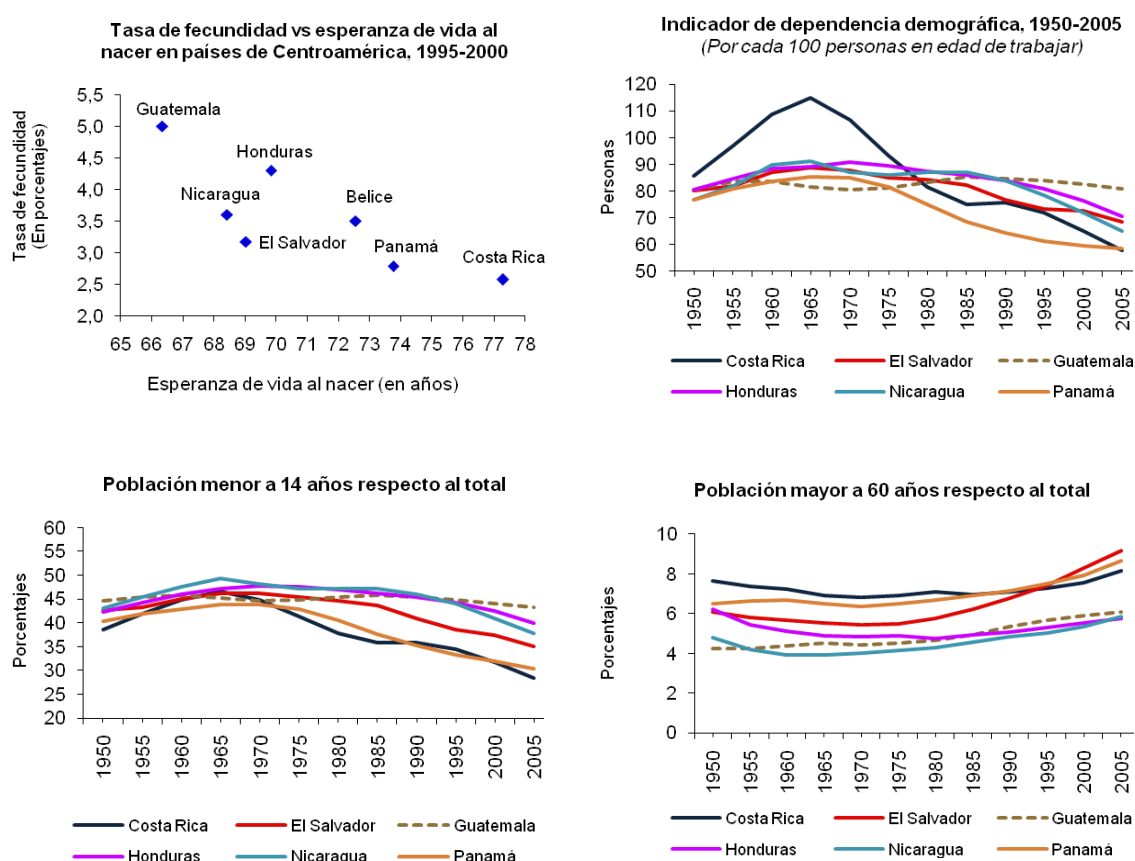
ESCENARIOS DEMOGRÁFICOS A 2100

Los países de Centroamérica atraviesan la segunda etapa del proceso de transición demográfico, esto es, un fuerte descenso de la tasa de fecundidad y un aumento de la esperanza de vida. El ritmo de estos cambios se ha acelerado en las últimas dos décadas, cambiando rápidamente la estructura de edades, aunado a una expansión de los centros urbanos, que implicará diferentes grados de vulnerabilidad de los países en el contexto del cambio climático.

Los ritmos de la transición demográfica son diferentes en los países. Todos describen una curva U-invertida, indicando que en el presente siglo alcanzarían su nivel máximo de población,

iniciarían una etapa de estabilización y luego una tendencia descendente. Cada país alcanzaría este límite en fechas diferentes. Costa Rica sería el primero, en 2055, y Guatemala el último, en 2080. Panamá y Costa Rica atraviesan una fase de mayor transición con tasas de fecundidad más bajas y esperanza de vida más alta. En un segundo grupo estarían Belice, Honduras, Nicaragua y El Salvador, cuyas tasas muestran similitud. Sin embargo, debido a las perspectivas de un menor ritmo de crecimiento poblacional de Nicaragua y El Salvador, esta situación se modificaría en las próximas décadas (véase el gráfico 2.3).

GRÁFICO 2.3
CENTROAMÉRICA: CARACTERÍSTICAS DEMOGRÁFICAS



Fuente: Elaboración propia.

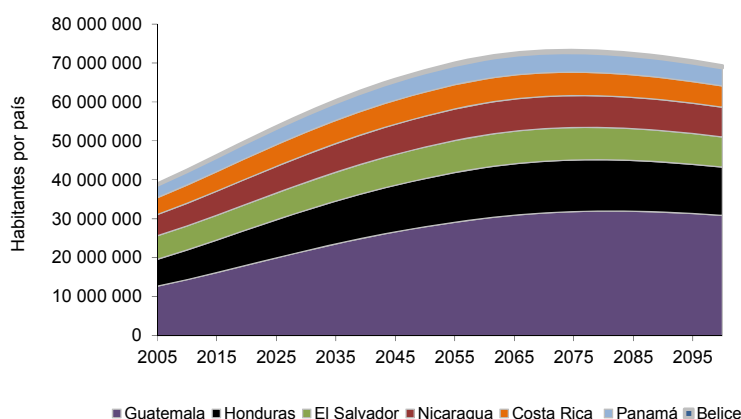
Los escenarios demográficos del CELADE al 2100 arrojan que la población de Centroamérica aumentaría de aproximadamente 39 millones de personas en 2005 a 50 millones en 2020 y 68 millones en 2050, llegando a su máximo de 73 millones en 2075, antes de empezar una lenta reducción a 69 millones en 2100. La población tendrá una expansión importante en el período 2005-2020, destacándose Guatemala con una tasa de crecimiento de 2,3%. El Salvador tendría el menor ritmo de crecimiento demográfico con una tasa de 0,65%. Nicaragua, Panamá y Costa Rica registrarán una tendencia descendente. En un tercer grupo se ubican Honduras, Guatemala y Belice, que si bien han registrado descensos, mantendrán niveles superiores al 2% anual (véanse el cuadro 2.2 y el gráfico 2.4).

CUADRO 2.2
CENTROAMÉRICA: ESCENARIO DEMOGRÁFICO, 2005 A 2100
(Habitantes por país)

País	2005	2010	2020	2050	2100	Año en que se alcanza la máxima población	Nivel de máxima población
Belize	276 000	306 000	363 000	487 000	488 155	2079	528 210
Costa Rica	4 321 872	4 694 623	5 313 667	6 220 909	5 441 868	2055	6 243 867
El Salvador	6 049 412	6 183 002	6 601 411	8 076 089	7 757 477	2070	8 390 773
Guatemala	12 699 780	14 361 666	18 055 025	27 928 779	30 861 599	2080	31 970 995
Honduras	6 892 793	7 614 345	9 079 453	12 396 142	12 390 142	2070	13 261 895
Nicaragua	5 450 393	5 815 524	6 518 478	7 932 473	7 631 938	2070	8 238 149
Panamá	3 228 186	3 496 796	3 994 534	4 958 696	4 697 008	2065	5 077 015
Centroamérica	38 918 436	42 471 956	49 925 568	68 000 088	69 268 187	2075	73 189 990

Fuente: Elaboración propia con datos del CELADE.

GRÁFICO 2.4
CENTROAMÉRICA: ESCENARIO DEMOGRÁFICO, 2005 A 2100
(Habitantes por país)



Fuente: Elaboración propia con datos del CELADE.

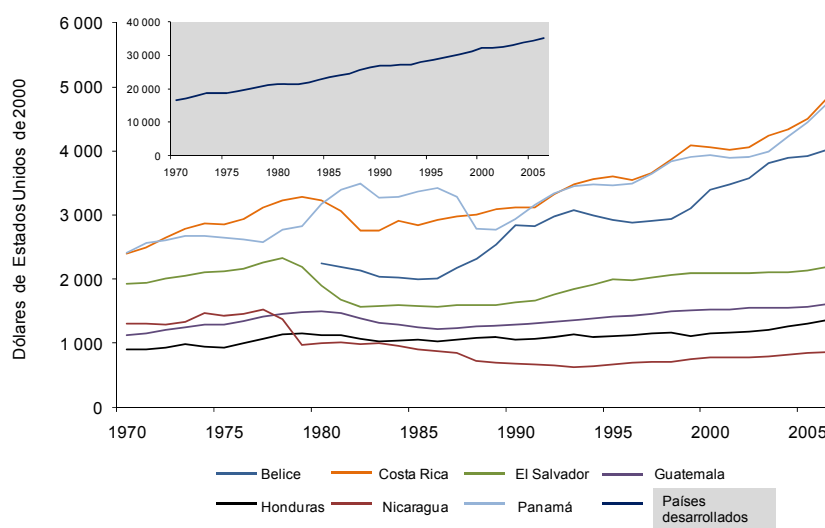
ESCENARIOS DE PIB PER CÁPITA

En función de los escenarios macroeconómicos y demográficos, se establecieron estimaciones del PIB per cápita hasta 2100 y un ejercicio de la potencial de convergencia. El gráfico 2.5 presenta el PIB per cápita de los siete países, medido en dólares del año 2000, para el período 1970 a 2006. Para comparar, el recuadro superior izquierdo muestra el PIB per cápita promedio de los países desarrollados. Se observa que desde 1990 a la fecha, Costa Rica y Panamá muestran un nivel y trayectoria similar de ingreso per cápita, siendo los países con mayor dinamismo económico y mayor desarrollo. Belice se ubica en un nivel muy cercano, así que se le puede considerar como parte de este primer grupo.

Un segundo grupo es el de El Salvador, Guatemala y Honduras, aunque el primero ha mostrado un mayor crecimiento los últimos cinco años, con una ligera tendencia a separarse de los otros dos. Nicaragua tiene el nivel de ingreso per cápita más bajo y no ha logrado reducir la brecha con el resto de los países. Las trayectorias se confirman al considerar la diferencia entre los niveles de ingreso per cápita del primer grupo (Panamá, Costa Rica y Belice), que tiende a disminuir y a convergir en un PIB per cápita superior a 4.000 dólares del año 2000 (con un rango de diferencia de 300 dólares). Para el grupo de El Salvador, Guatemala y Honduras, el PIB per cápita se ubica entre

1.000 y 2.000 dólares. El rango de diferencia se ha estabilizado en 550 dólares, mostrando una ligera tendencia a la baja desde mediados de los noventa.

GRÁFICO 2.5
CENTROAMÉRICA Y PAÍSES DESARROLLADOS: PIB PER CÁPITA, 1970 A 2006
(En dólares de Estados Unidos de 2000)



Fuente: Elaboración propia con datos de la CEPAL y del Banco Mundial.

Los análisis del conjunto de países de Centroamérica no han encontrado evidencia empírica de un proceso de convergencia del ingreso per cápita para el período 1970-2006. Sin embargo, se observan procesos de convergencia intrarregionales entre países, tal es el caso de Panamá, Costa Rica y Belice, por un lado, y El Salvador, Guatemala y Honduras, por el otro, mientras que Nicaragua muestra el mayor rezago. El cuadro 2.3 muestra los resultados de las trayectorias esperadas en el PIB per cápita a 2100 para los siete países, bajo el escenario base, que no considera cambios sustanciales en la estructura productiva de las economías.

CUADRO 2.3
CENTROAMÉRICA: PIB POR HABITANTE, 2005 A 2100
(Miles de dólares)

País	2005	2010	2050	2100
Guatemala	1,57	1,74	3,20	13,22
Honduras	1,31	1,51	3,26	15,00
El Salvador	2,43	2,90	8,21	39,28
Nicaragua	0,84	0,89	2,09	10,77
Costa Rica	4,51	5,28	13,97	70,61
Panamá	4,45	5,02	14,71	93,38
Belice	3,92	4,35	11,69	63,44
Centroamérica	2,14	2,43	5,56	26,49

Fuente: Elaboración propia con base en datos de la CEPAL.

Para lograr una convergencia de ingreso per cápita similar al de los Estados Unidos hacia el año 2100, las tasas de crecimiento del PIB y PIB per cápita de los países tendrían que ser superiores a las del escenario de alto crecimiento. Los países que tendrían que hacer un mayor esfuerzo de política económica para converger son Nicaragua, Honduras y Guatemala.

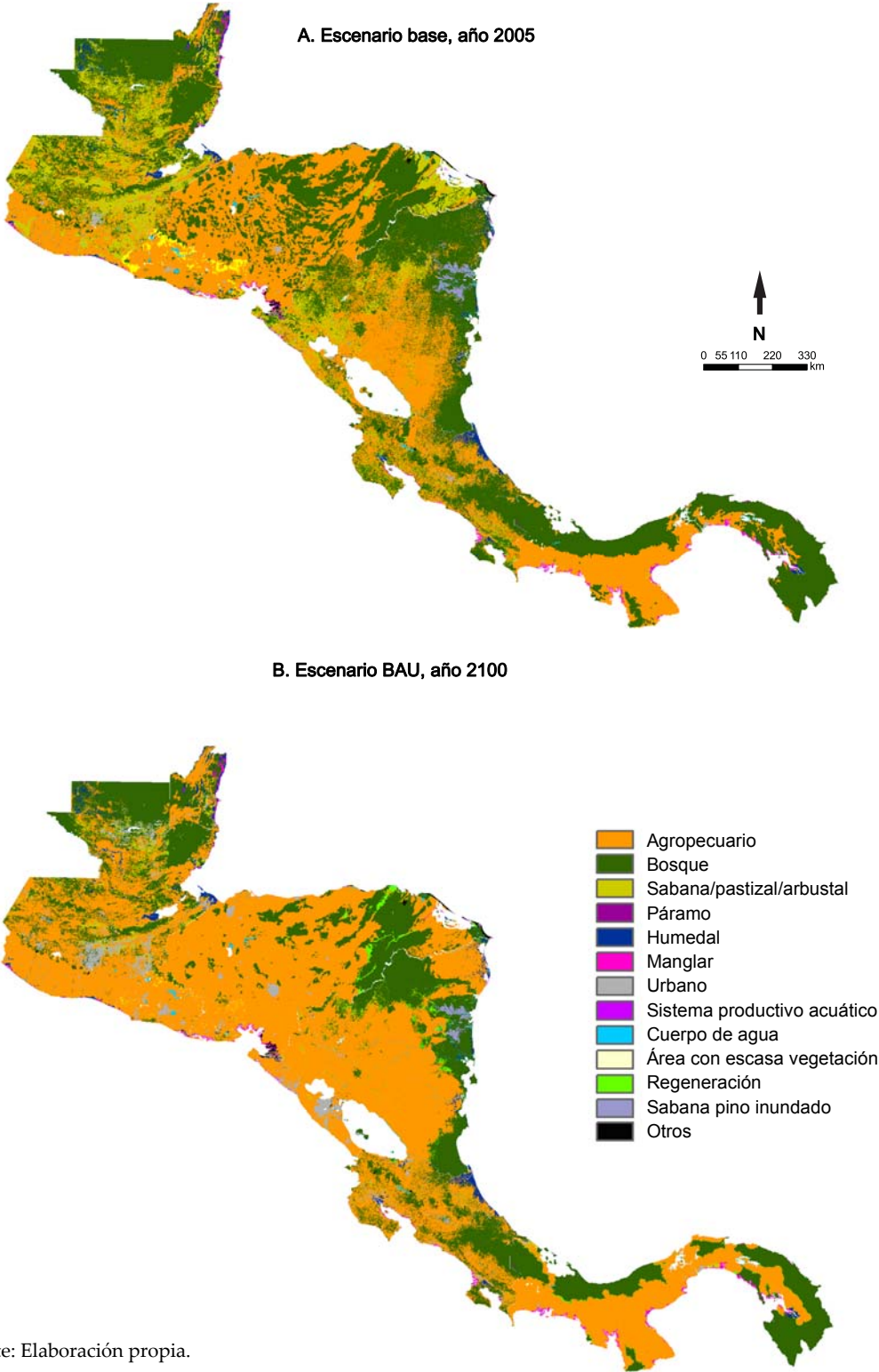
III. ESCENARIOS DE CAMBIO DE USO DE TIERRA

En el marco del proyecto se diseñó un escenario tendencial o “*Business as usual*” (BAU) de cambio de uso de tierra a 2100. En la primera etapa se calcularon las demandas de uso de la tierra, partiendo de los mapas de cobertura disponibles en cada país con diferentes años de referencia, desde 1992 (Costa Rica) hasta 2006 (Nicaragua y Honduras). En los escenarios futuros de demandas se aplicó un promedio de tres de los cuatro escenarios futuros de uso de la tierra de GEO4 (Mercados Primero, Seguridad Primero y Sostenibilidad Primero) que llegan a 2050 (PNUMA, 2007). Se realizó una desagregación geográfica de estos escenarios a nivel nacional según los supuestos de Luijten, Miles y Cherrington (2006) y una extrapolación de 2050 a 2100 con el modelo *International Futures*. En la segunda etapa se realizó la distribución geográfica de las demandas en función de factores explicativos de la localización de los usos de suelo: acceso a mercados, índice de desarrollo humano, elevación, pendiente en grados, número de meses secos consecutivos, capacidad de uso del suelo, profundidad del suelo, densidad de población, precipitación promedio anual y temperatura promedio anual. Para contar con este modelaje georreferenciado se aplicó el modelo CLUE-S (*Change of Land Use and its Effects Small Scale* por sus siglas en inglés) (Verburg y otros, 2002) que toma en cuenta conceptos de conectividad, jerarquía, estabilidad y resiliencia, entre otros.

Los resultados del modelado para la región al año 2100 se presentan en el mapa 3.1. En el escenario base del año 2005, el 41% de la tierra de la región estaba dedicada al uso agropecuario, 43% de bosque, 12% de sabanas, arbustales y pastizales naturales, 0,5% de uso urbano y casi 4% de otros usos. Según este modelaje, para el año 2100 se podría esperar la pérdida de aproximadamente la tercera parte de los bosques de 2005 y hasta 80% de pastizales, sabanas y arbustales, mientras que el área agropecuaria crecería hasta 50%. (véase la segunda imagen del mapa 3.1) La mayoría de estos cambios ocurrirían hacia el 2050. Dado que las zonas de bosque actualmente más fragmentadas han sido las más afectadas históricamente, es decir, las más amenazadas, el modelo “deforesta” primero estas zonas de bosque. Se recomienda utilizar el escenario base de cambio de uso de tierra con los escenarios macroeconómicos y de población, asegurando su consistencia y usándolo como línea base para otros componentes. Es importante proceder con el análisis de los impactos en los ecosistemas boscosos y explorar la aplicabilidad de este escenario tendencial en las negociaciones sobre una línea base frente a la reducción de emisiones por deforestación y degradación.

A partir de estas proyecciones se modelaron los cambios de los acervos totales de carbono de cada país asociados al cambio los diferentes tipos de uso de la tierra. Los acervos de carbono BAU iniciales sumarían 3.564 megatoneladas o millones de toneladas (MT) de carbono en toda la región, perdiendo aproximadamente 1.010 MT de carbono a 2050, quedando en promedio el 72% del *stock* original. Proporcionalmente, la mayor reducción de los acervos de carbono ocurre en Guatemala (37%). Posterior al año 2050, la evolución de los acervos de carbono tiende a estabilizarse, igual que la evolución del cambio de uso de tierra.

MAPA 3.I
CENTROAMÉRICA: ESCENARIO DE CAMBIO EN USO DE LA TIERRA,
2005 (BASE) Y 2100 (SIN CAMBIO CLIMÁTICO/BAU)



Fuente: Elaboración propia.

IV. RECURSOS HÍDRICOS

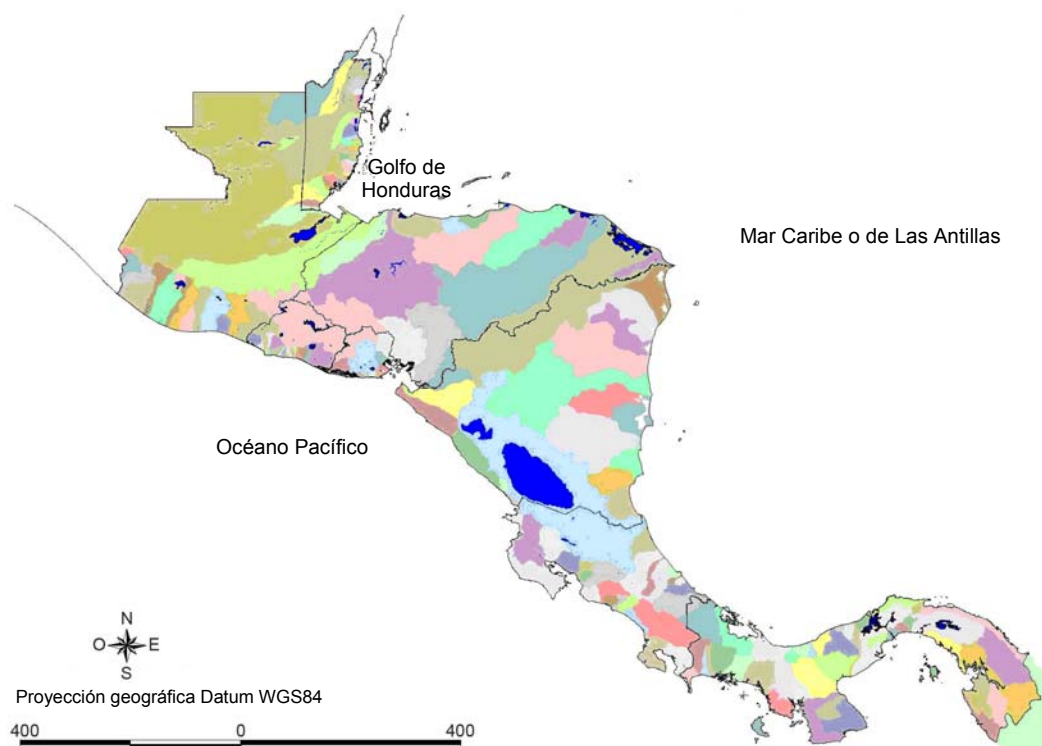
Centroamérica es una región privilegiada en disponibilidad de agua, con aproximadamente 23 mil metros cúbicos anuales por habitante en la actualidad. No obstante, su distribución está sujeta a grandes variaciones geográficas, anuales y estacionales, creando escasez en diversos casos. Esta situación y la importancia del agua para todas las actividades económicas obligan a determinar la vulnerabilidad de la región y de cada país a los efectos del cambio climático sobre este recurso. Para ello se define primero una tendencia del balance entre disponibilidad y demanda de agua sin cambio climático. Enseguida se estiman los efectos del cambio climático sobre este escenario tendencial y, finalmente, se hacen las estimaciones económicas.

La disponibilidad natural del recurso hídrico en Centroamérica está asociada a los patrones de precipitación. Pese a que el nivel de precipitación anual (entre 1,000 mm y 5,000 mm) es bastante elevado, su distribución es heterogénea en la región y dentro de los países, a lo largo del año y entre años. Mientras la vertiente del Mar Caribe recibe abundantes precipitaciones todo el año, la del Pacífico experimenta períodos secos por cinco o más meses (A. López, 2009). Según la información de la climatología histórica de 1980-2006, algunos países han sufrido una disminución de la precipitación media anual respecto al período 1950-1979 (véase el capítulo sobre Clima).

Además, los ríos más caudalosos y extensos desembocan en la vertiente Caribe, que drena el 70% del territorio. Los ríos más cortos y rápidos son los de la vertiente del Pacífico, cuya cuenca mayor es la del río Lempa. Centroamérica contiene varios lagos, algunos contaminados por agroquímicos o agua residual (PNUMA y CCAD, 2005). Los manglares cubren 1.4% del territorio regional (5,670 km²), 71% de ellos está en la vertiente del Pacífico, la mitad en Panamá. Tres quintas partes de los humedales y manglares de la región Caribe se encuentran en Belice. Muchos manglares están amenazados por la actividad humana (WB y CCAD, 2001; SICA/CCAD/PROARCA, 2001). Centroamérica contiene 23 cuencas principales compartidas entre dos o más países, que abarcan aproximadamente 40% de su territorio (véase el mapa 4.1, SICA y otros, 2006), las más grandes son las de los ríos Usumacinta, San Juan y Coco (Hernández y Ríos, 2006). La cuenca del río Lempa es compartida por El Salvador, Honduras y Guatemala y objeto de varios acuerdos internacionales. Las cuencas transfronterizas relacionan a los países en forma compleja en términos de agua disponible, obras de riego, inundaciones, transporte fluvial y contaminación.

Otra característica importante es que 75% de la población de Centroamérica se abastece de agua subterránea y se asienta mayoritariamente en la vertiente del Pacífico (Losilla, 2001), donde se ubican los mayores asentamientos humanos. Los acuíferos más grandes son los de Nicaragua (Managua) y Costa Rica (norte del Valle Central), donde la mitad de la población los emplea como fuente de agua potable. Muchos acuíferos de la vertiente Pacífico de Honduras, El Salvador y Guatemala presentan alta salinidad, la cual se ha incrementado notablemente desde el año 2005. Su uso futuro se ve amenazado por la posibilidad de elevación del nivel mar. En los acuíferos de San Salvador (El Salvador), Managua (Nicaragua) y San José (Costa Rica) se han identificado problemas de calidad del agua por infiltración de agroquímicos y de aguas residuales domésticas sin tratamiento.

MAPA 4.1
CENTROAMÉRICA: CUENCAS HIDROGRÁFICAS



Fuente: Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo y Banco Mundial.

<http://www.ccad.ws/documentos/mapas.html>

Respecto a los usos del recurso hídrico, el cuadro 4.1 muestra el rango de disponibilidad per cápita, entre El Salvador con apenas de 1.752 m³ por habitante por año, nivel cercano al de estrés hídrico, y Belice con 66.429 m³ (Jiménez y Asano (eds.), 2008).⁹ Igualmente, El Salvador tiene el mayor índice de intensidad, 12%, y Belice el menor, 0,7%. La extracción total regional es de 12.200 millones m³ al año; Guatemala consume 42% de este total, seguida por Costa Rica con 22%. En Honduras, Guatemala, Costa Rica y El Salvador, entre 83% y 54% de su extracción nacional reportada se dedica a la agricultura, mientras que en Panamá domina el consumo industrial, con 66%. Finalmente, la información disponible indica una alta variación de la porción de extracción dedicada al consumo municipal, entre 89% en Belice y 3% en Nicaragua.

A pesar de los altos valores de disponibilidad de agua, la población de muchas zonas de Centroamérica padece escasez. El desequilibrio estacional entre disponibilidad y demanda de agua ha provocado que en algunas zonas el escurrimiento de ríos se limite a la temporada de lluvias, dejando áreas rurales sin fuentes de agua durante la mitad del año. La contaminación también limita la disponibilidad de agua en zonas urbanas y rurales e incrementa el costo de suministro (A. López, 2009).

⁹ Para *Earth Trends* (2009), los países con más de 1.700 m³/hab. año no padecen estrés hídrico, pero las localidades con menos de 1.000 m³/hab. año podrían calificar como de escasez crónica. Las que tienen menos de 500 m³/hab. año podrían calificar como de estrés absoluto y alta vulnerabilidad.

CUADRO 4.1
CENTROAMÉRICA: DISPONIBILIDAD, EXTRACCIÓN, INTENSIDAD DE USO
Y USO DE AGUA POR SECTOR
(En varias unidades)

País	Disponibilidad		Extracción total Millones m ³ /año	Índice de intensidad de uso %	Uso de agua por sector		
	Per cápita m ³ /hab.año	Total Millones m ³ /año			Agricultura %	Municipal %	Industrial %
El Salvador	1 752	10 600	1 270	12,01	54	46	0,3
Honduras	12 008	82 800	860	1,04	81	11	8
Guatemala	12 197	155 000	5 140	3,32	77	16,2	8,7
Costa Rica	16 859	72 900	2 680	3,67	54	17	29
Nicaragua	23 486	128 000	1 300	1,02	83	3	14
Panamá	29 193	94 200	824	0,87	29	5	66
Belice	66 429	18 300	125	0,68	0	89	11
Promedio	23 132						

Fuente. Datos de *World Water Council* y Comisión Nacional del Agua de México (WWC y CNA, 2006) para todos los países, excepto El Salvador, cuyos datos son de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados de El Salvador (ANSA, 2006).

USO MUNICIPAL

El cuadro 4.2 muestra las principales estadísticas de cobertura del servicio municipal mejorado y de agua entubada en la región y tarifas promedio de agua potable (OMS-UNICEF, 2010).

CUADRO 4.2
CENTROAMÉRICA: COBERTURAS Y TARIFAS DEL SERVICIO DE AGUA MUNICIPAL, 2008
(En porcentajes y dólares de estados unidos)

País	Población urbana		Población rural		Población total		Tarifa promedio ^a agua potable dólares/m ³
	Servicio de agua mejorada %	Servicio de agua entubada %	Servicio de agua mejorada %	Servicio de agua entubada %	Servicio de agua mejorada %	Servicio de agua entubada %	
Belice	99	87	100	61	99	75	1,27
Costa Rica	100	100	91	89	97	96	0,49
El Salvador	94	80	76	42	87	65	0,26
Guatemala	98	95	90	68	94	81	0,25
Nicaragua	98	88	68	27	85	62	0,27
Honduras	95	94	77	72	86	83	0,27
Panamá	97	93	83	79	93	89	0,41
Latinoamérica	97	92	80	58	93	84	0,23 ^(b)

Fuente: OMS-UNICEF (2010) para 2008. Notas: 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. (a) Promedio calculado con base en la tarifa reportada en SIECA (2007) para consumos menores a 30 m³/mes. (b) Promedio de 16 ciudades de Latinoamérica en 2006, ADERASA (2008).

De acuerdo con A. López (2009), muchos sistemas de agua potable y alcantarillado necesitan rehabilitación y ampliación sustantivas y tienen serias deficiencias de operación, con interrupciones del servicio, pérdidas en la distribución y fallas en la desinfección que limitan la disponibilidad del agua de uso doméstico. Cifras disponibles para Belice, El Salvador y Panamá estiman pérdidas en la red de distribución entre 35% y 54% del agua distribuida (ADERASA, 2008). Por otro lado, el acelerado crecimiento de las ciudades y la falta de infraestructura, con su cauda de barrios marginales carentes de servicios básicos, acumula descargas de aguas residuales sin control e inadecuada disposición de desechos sólidos, deteriorando aun más la calidad de las fuentes de suministro cercanas (PNUMA y CCAD, 2005).

USO AGRÍCOLA

La agricultura sigue siendo importante, especialmente en Nicaragua, El Salvador, Guatemala y Honduras, y ocupa grandes áreas territoriales: 70% en Costa Rica, 68% en El Salvador, 53% en Honduras, 50% en Guatemala, 47% en Nicaragua, 38% en Panamá y 17% en Belice. Aproximadamente 130.000 hectáreas son de riego, equivalentes a 7,3% de la superficie de uso agrícola, con grandes diferencias entre los países, siendo Costa Rica el país con mayor superficie regada (véase el cuadro 4.3).

CUADRO 4.3
CENTROAMÉRICA: INDICADORES AGROPECUARIOS Y DE RIEGO
(En porcentajes y metros cúbicos por hectárea por año)

País	Contribución del sector agropecuario al PIB nacional (%)	Área de la agricultura bajo riego (%)	Consumo de agua de riego m ³ /ha año (a)
Guatemala	13,42	6,6	6.867
Honduras	12,56	3,7	18.692
Belice ^(b)	10,97	3,4	333
Nicaragua	19,55	3,2	12.314
El Salvador	13,42	0,8	9.876
Costa Rica	9,05	25	44.816
Panamá	5,44	4,9	37.032

Fuente: PIB aportado por CEPAL, datos de riego de Rojas y Echeverría, El Salvador.

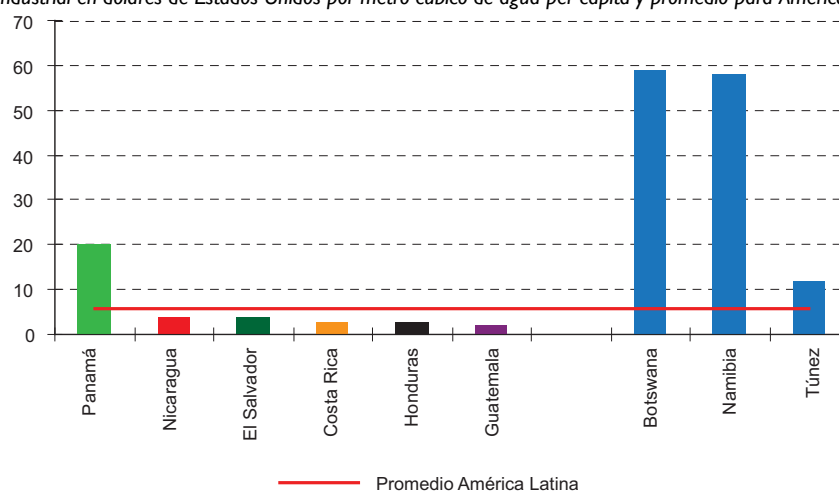
Notas: (a) Estimación FAO con datos de 1961-2000, citado en Rojas y Echeverría (2003).

(b) Dato aportado para 2008 por CEPAL.

USO INDUSTRIAL

El gráfico 4.1 presenta el índice de productividad industrial del agua, entendido como el PIB generado por m³ de agua empleado en la industria. Con excepción de Panamá, los países tienen una productividad industrial menor al promedio de Latinoamérica (5,8 dólares/m³) y mucho menor que la de otros países con economías diversas que han logrado producir más riqueza sin aumentar el volumen de agua. La información detallada disponible de la demanda de agua por la industria es escasa en Centroamérica, así que es difícil realizar un análisis específico.

GRÁFICO 4.1
CENTROAMÉRICA Y OTROS TRES PAÍSES: PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL DEL AGUA
(Valor agregado industrial en dólares de Estados Unidos por metro cúbico de agua per cápita y promedio para América Latina (línea roja))



Fuente: Jiménez y Asano (eds.), 2008.

Es importante anotar que el uso de agua por el sector energético de Centroamérica es no consuntivo (3% del total de extracción de agua), lo cual se explica por las hidroeléctricas, que regresan el agua empleada a la cuenca (Kemp-Benedict, Heaps y Raskin 2002). No obstante, debido a que las hidroeléctricas emplean gran cantidad de agua, el cambio climático podría poner en riesgo su operación.

Finalmente, el estudio supone un volumen de uso ecológico de agua correspondiente a la necesidad de los ecosistemas. Por falta de datos se asumió que dicho volumen corresponde a la cantidad de agua remanente en cada país en 2005 después de los usos consuntivos. Este volumen es de aproximadamente 88% en El Salvador, 96% en Costa Rica, 97% en Guatemala y 99% en el resto. Se propone que esta cifra sea ajustada en futuros ejercicios mediante consulta con expertos.

DISPONIBILIDAD DE AGUA A 2100 CON CAMBIO CLIMÁTICO

La cantidad de agua disponible se mide con índices: la disponibilidad de agua per cápita y el índice de intensidad de uso o índice de estrés hídrico (Jiménez y Asano (eds.), 2008). Entre los factores que influyen en el volumen de agua disponible —precipitación, escurrimiento superficial y recarga del acuífero, entre otros— la evapotranspiración es el más importante (Dow y DeWalle, s.d.). Su estimación supone considerar las complejas interacciones entre los sistemas suelo-plantas-atmósfera. Las ecuaciones de Thornthwaite, Romanenko, Penman y Turc (1963), a pesar de su simplicidad, proporcionan una muy buena estimación de la evaporación media anual (Xu y Singh, 1998).

En este estudio se utilizó la fórmula Turc (1954) para calcular la *disponibilidad total de agua renovable*, la cual equivale al volumen repuesto cada año por la precipitación sobre el territorio de un país, menos el que se pierde por evapotranspiración (balance hídrico). Este volumen de agua es el que escurre o se almacena en cuerpos superficiales, o bien recarga los acuíferos y puede ser fácilmente usado. Permite estimar la disponibilidad de agua en función de escenarios sin y con cambio climático. La disponibilidad del escenario base se calculó con el promedio de 16 años de datos de lluvia histórica acumulada por año y de temperatura media anual (1990-2006). La disponibilidad con cambio climático se estimó con el promedio simple de lluvia acumulada y el de la temperatura promedio anual por país 2001-2100 en los escenarios B2 y A2. Por ello no se incluyen los ajustes derivados de los flujos recibidos de las cuencas transfronterizas. En el futuro se podrá mejorar la aproximación partiendo de un análisis a nivel de cuencas.

El cuadro 4.4 y el gráfico 4.2 muestran las estimaciones de la disponibilidad en los escenarios base, B2 y A2 para los cortes 2000, 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100 con promedios de los diez años anteriores relativo a 2000-2004. También se grafica el nivel de la disponibilidad renovable total en el escenario base de 2005 (línea verde sólido) y del volumen ecológico (línea morada cortada). La disponibilidad se mantiene a niveles actuales hasta aproximadamente 2030 y las reducciones son significativamente más altas en las últimas tres décadas del siglo, especialmente en A2. Al año 2100 con A2 la disponibilidad en la región se reduce 63% respecto a 2000 frente a 35% con B2. El Salvador es el país con la mayor pérdida al 2100: en A2 habría una reducción de 82%; en B2 la reducción sería de 50%. El país con menores reducciones es Panamá, pero aun así serían de 51% y 13%, respectivamente. Para todos los países, alrededor del año 2025 la disponibilidad total renovable empieza a reducir el volumen ecológico.

CUADRO 4.4
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD TOTAL RENOVABLE DE AGUA,
POR ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2004 A 2100

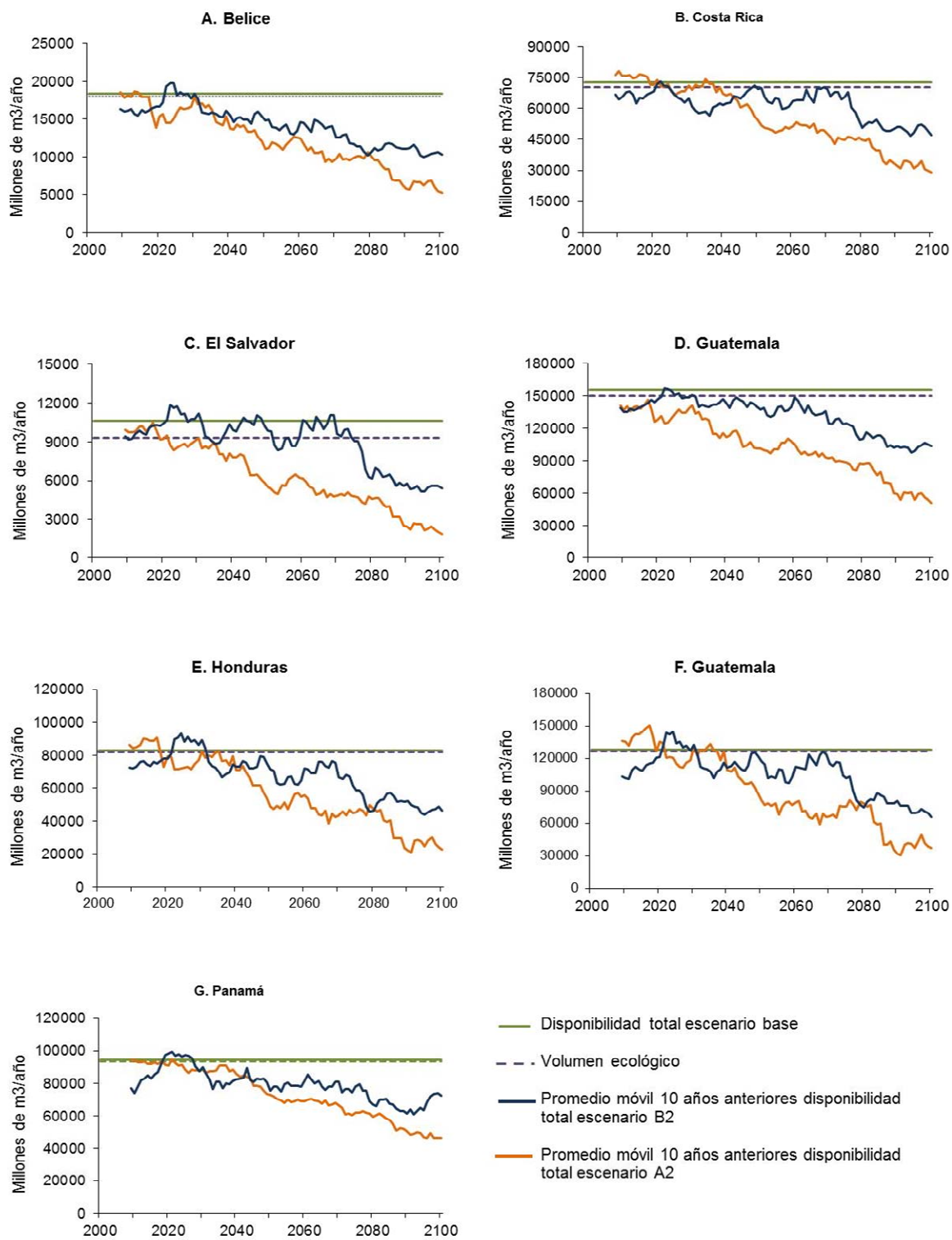
(En miles de millones de metros cúbicos por año y variación porcentual con respecto al promedio 2000-2004 de cada escenario)

Belice											
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33	0	0	0	0	0
B2	17,74	16,65	18,33	14,81	12,58	10,26	-6	3	-17	-29	-42
A2	14,32	15,31	17,97	11,09	9,71	5,20	7	25	-23	-32	-64
Costa Rica											
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	72,86	72,86	72,86	72,86	72,86	72,86	0	0	0	0	0
B2	77,48	68,29	64,73	69,58	69,42	47,26	-12	-16	-10	-10	-39
A2	73,66	71,50	71,23	54,09	47,81	28,89	-3	-3	-27	-35	-61
El Salvador											
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	0	0	0	0	0
B2	10,92	10,41	11,16	9,89	9,61	5,41	-5	2	-9	-12	-50
A2	9,85	9,21	9,27	5,51	4,84	1,80	-6	-6	-44	-51	-82
Guatemala											
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	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
Honduras											
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	82,77	82,77	82,77	82,77	82,77	82,77	0	0	0	0	0
B2	84,11	77,69	89,03	71,40	66,80	46,51	-8	6	-15	-21	-45
A2	73,50	79,15	82,53	48,90	43,54	22,66	8	12	-33	-41	-69
Nicaragua											
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	128,0	0	0	0	0	0
B2	124,0	121,0	132,6	117,4	115,1	65,8	-2	7	-5	-7	-47
A2	126,5	135,0	130,2	81,4	66,1	37,3	7	3	-36	-48	-71
Panamá											
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	94,24	94,24	94,24	94,24	94,24	94,24	0	0	0	0	0
B2	83,36	98,57	90,00	75,43	80,72	72,32	18	8	-10	-3	-13
A2	94,96	91,05	88,66	73,16	66,49	46,76	-4	-7	-23	-30	-51
Centroamérica											
Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	2020	2030	2050	2070	2100
Base	561,7	561,7	561,7	561,7	561,7	561,7	0	0	0	0	0
B2	543,1	539,8	556,8	495,5	478,5	350,9	-1	3	-9	-12	-35
A2	526,8	529,8	540,6	375,1	330,7	193,7	1	3	-29	-37	-63

Fuente: Elaboración propia.

Nota: La información del año 2000 corresponde al promedio 2000-2004. Para los cortes de 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100, se utilizó el Promedio Móvil M10 que es el valor medio de las últimas diez observaciones, incluido el año indicado.

GRÁFICO 4.2
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD TOTAL RENOVABLE DE AGUA,
POR ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2004 A 2100
(En millones de metros cúbicos por año con promedios simples de tres modelos)



Fuente: Elaboración propia.

Utilizando los escenarios poblacionales del CELADE se calculó la evolución de la disponibilidad de agua per cápita. El cuadro 4.5 y el gráfico 4.3 comparan la disponibilidad per cápita de los países del año 2005 al 2100 con un escenario base que considera el aumento de población y después con los escenarios B2 y A2. A nivel de la región, la disponibilidad per cápita en el escenario base disminuiría 36% en 2100 y en los escenarios climáticos, la disponibilidad se reduce 82% en B2 y 90% en A2.

CUADRO 4.5
CENTROAMÉRICA: REDUCCIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DE AGUA PER CÁPITA,
ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2005 A 2100

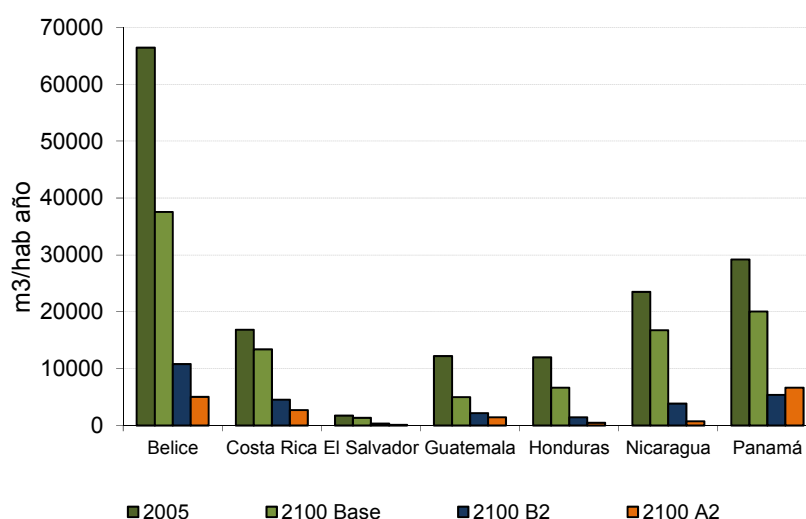
(Metros cúbicos por habitante al año y porcentaje de reducción)

País	DISPONIBILIDAD PER CÁPITA $m^3/hab.año$				REDUCCIÓN EN DISPONIBILIDAD, %		
	2005	Escenario Base	Escenario B2	Escenario A2	Reducción de escenario base, %	Reducción escenario B2, %	Reducción escenario A2, %
		Al final período	Al final período	Al final período	Al final período	Al final período	Al final período
Belice	66 429	37 558	10 826	5 051	43	84	92
Costa Rica	16 859	13 389	4 572	2 730	21	73	84
El Salvador	1 752	1 366	374	122	22	79	93
Guatemala	12 197	5 019	2 211	1 467	59	82	88
Honduras	12 008	6 680	1 453	482	44	88	96
Nicaragua	23 486	16 772	3 857	765	29	84	97
Panamá	29 193	20 064	5 382	6 681	31	82	77
Promedio	23 132	14 407	4 097	2 471	36	82	90

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4.3
CENTROAMÉRICA: DISPONIBILIDAD PER CÁPITA DE AGUA
EN 2005 Y CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2 EN 2100

(Metros cúbicos por habitante al año)



Fuente: Elaboración propia.

DEMANDA DEL AGUA A 2100 SIN Y CON CAMBIO CLIMÁTICO

Los escenarios futuros de demanda de agua se hicieron a partir de la demanda consuntiva de agua en 2005, reportada en el cuadro 4.1 por sector en función del escenario macroeconómico base sin cambio climático, así como para B2 y A2. La evolución futura del uso del agua municipal para la línea base (sin cambio climático) se calculó a partir del crecimiento poblacional y mantiene la dotación per cápita actual.¹⁰ La de uso agrícola se calculó a partir del crecimiento del PIB sectorial y del consumo de agua por unidad del PIB actual. Para la industria sólo se consideró el crecimiento del sector. No se aplicaron factores de mejora de eficiencia del uso de agua.

No fue posible obtener series mensuales de consumo de agua municipal, las cuales permitirían hacer inferencias sobre los efectos estacionales y el impacto de variables climatológicas, en especial de la temperatura. En adición se deben mencionar la ausencia de datos y series completas, los problemas de medición del consumo, la no diferenciación entre consumos industriales, comerciales y residenciales, y los sistemas de tarifas. Un factor que influye en la demanda de agua es el precio, pero no fue posible obtener suficientes datos para obtener relaciones numéricas. Existe poca uniformidad de políticas de precios, las tarifas varían con el tamaño de las comunidades y ciudades y generalmente existen subsidios a los servicios incluidos, todo lo anterior sumado a una deficiente medición del consumo. En general, la evidencia empírica internacional señala que la elasticidad de la demanda en relación con el precio es muy baja, aun en países en desarrollo donde se cobra una tarifa más cercana al costo real. Ante esa situación se recurrió a la literatura especializada para estimar la variación de la demanda en escenarios con cambio climático. Para la demanda municipal se considera un incremento de 9 litros per cápita-día (lpcd) por grado centígrado de incremento de la temperatura. Esto es equivalente 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 per cápita. A menor dotación de agua, mayor la demanda por cada grado de aumento de la temperatura (Miaou, 1990; SEI, Wong, 1972; SEI, 2003).

Para la demanda agrícola se consideró el incremento de la demanda de agua de riego causada por el aumento de la evaporación, resultado, a su vez, del aumento de la temperatura. Así, el incremento del volumen de agua para riego es proporcional a la evaporación para que la lámina de riego compense la pérdida adicional de agua, manteniendo la misma proporción de tierra agrícola bajo riego que la actual.

Para la demanda de la industria, en ausencia de datos para establecer la relación de ésta con cambios en la precipitación y/o la temperatura en forma histórica o geográfica, se optó por dejar sin cambio el escenario con cambio climático a 2100 frente al escenario tendencial.

El cuadro 4.6 y el gráfico 4.4 muestran estas estimaciones. Para Centroamérica la demanda total de agua en el escenario sin cambio climático partiendo de 2000 crece 296% al 2050 y 1633% al 2100, es decir, 212,945 millones de m³. Al final del siglo, la distribución de consumo es 2% municipal, 75% agrícola y 24% industrial en el escenario base. En 2050 el consumo total aumenta 364% en B2 y 362% en A2. Para el año 2100 el consumo crece 1976% en B2 (hasta 255,124 millones de m³) y 2039% en A2 (hasta 263,206 millones de m³). Entonces, en este año el consumo con B2 es 20% superior al valor del escenario base a 2100; y con A2 el valor es 24% superior. Como la demanda del sector agrícola es mayor que la del resto en términos absolutos, aumenta de aproximadamente 8,378 millones de m³ en 2000 a 158,871 millones de m³ en el escenario base a 2100, y a 200,569 y 208,101

¹⁰ Según los datos del *World Water Council* reportados en el cuadro 4.1, los niveles de dotación per cápita son muy disímiles, lo que afecta los cálculos de los escenarios futuros. Se espera verificar estos datos con las instituciones socias del proyecto y las del sector.

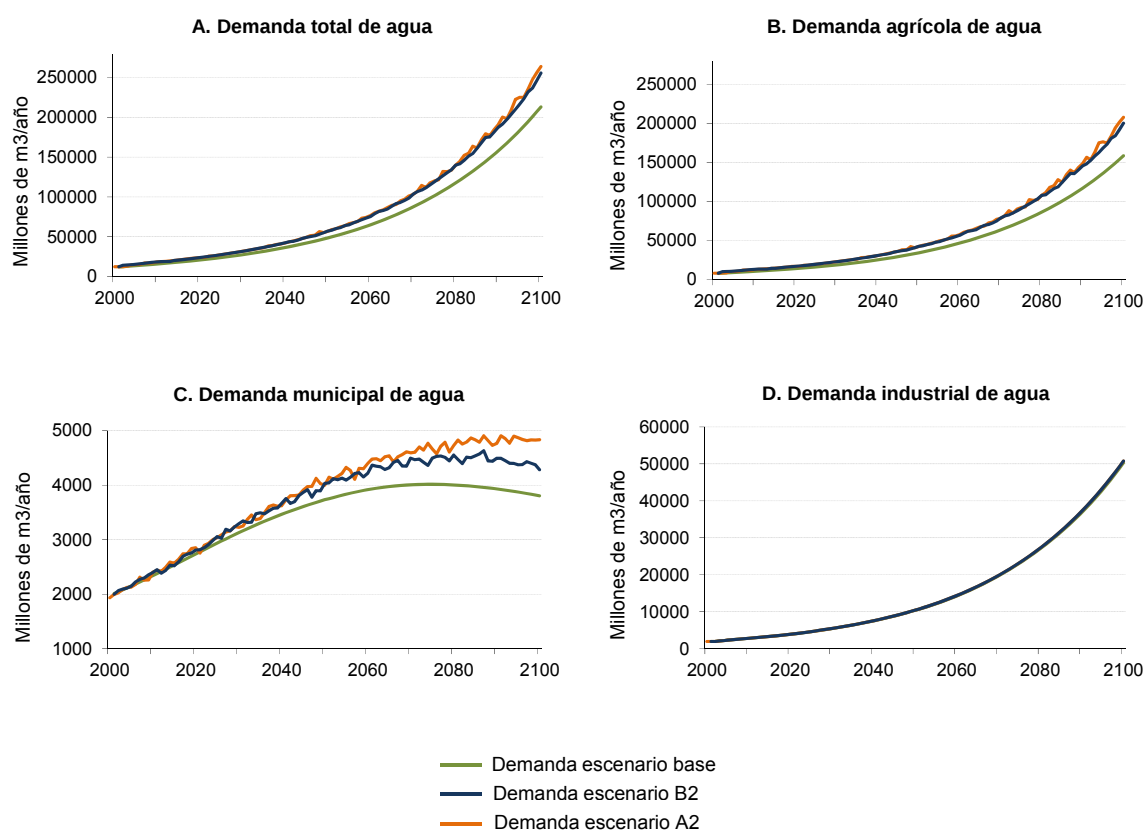
millones de m³ en B2 y A2, respectivamente. Al final del siglo, la distribución de consumo podría ser 2% municipal, 79% agricultura y 20% industrial en A2.

CUADRO 4.6
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000 A 2100
(En millones de metros cúbicos al año y porcentajes de variación respecto a 2000)

Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100	Variación respecto al año 2000 (Porcentajes)				
							2020	2030	2050	2070	2100
Base	12 286,5	20 740,5	27 453,0	48 625,70	87 343,40	212 944,40	69	123	296	611	1633
B2	12 290,0	23 918,9	31 643,6	57 045,00	103 262,00	255 123,70	95	157	364	740	1976
A2	12 306,20	23 868,2	31 426,3	56 804,30	102 985,80	263 206,00	94	155	362	737	2039

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4.4
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LA DEMANDA DE AGUA CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000-2100
(En millones de metros cúbicos al año)



Fuente: Elaboración propia.

Los resultados por país indican diferentes escalas de aumento de demanda sin y con cambio climático. Los países menos afectados por el cambio climático serían Belice, Panamá y Costa Rica. La demanda total de agua de Belice en el escenario sin cambio climático aumentaría 460% en 2100 respecto al año 2000. En B2 y A2 el consumo crecería sólo 1% sobre el valor del escenario base a 2100. Para Panamá la demanda total en el escenario sin cambio climático partiendo de 2000 crecería 2.619% en 2100; en B2 y A2 el

consumo total es 9% superior al valor del escenario base en 2100. Para Costa Rica la demanda total en el escenario sin cambio climático partiendo de 2000 crece 1.715% en 2100; en B2 este consumo es 14% superior al valor del escenario base a 2100; en A2 el valor es 16%.

Los otros cuatro países tendrán grandes aumentos de demanda por el cambio climático, especialmente en A2. Para Guatemala la demanda total en el escenario sin cambio climático crecería 1.667% en 2100; en B2 sería 22% superior al valor del escenario base a 2100, y en A2 sería 25%. Para Nicaragua la demanda total en el escenario sin cambio climático partiendo de 2000 crecería 1.893% en 2100; en B2 sería 24% superior al valor del escenario base en 2100, y en A2 sería 34%. Para Honduras la demanda total en el escenario sin cambio climático partiendo de 2000 crecería 1.785% en 2100; en B2 sería 29% superior al valor del escenario base en 2100, y en A2 sería 36%. Para El Salvador la demanda total en el escenario sin cambio climático partiendo de 2000 crecería 365% en 2100; en B2 sería 28% superior al valor del escenario base a 2100, y en A2 sería 36%.

INTENSIDAD DE USO CON CAMBIO CLIMÁTICO

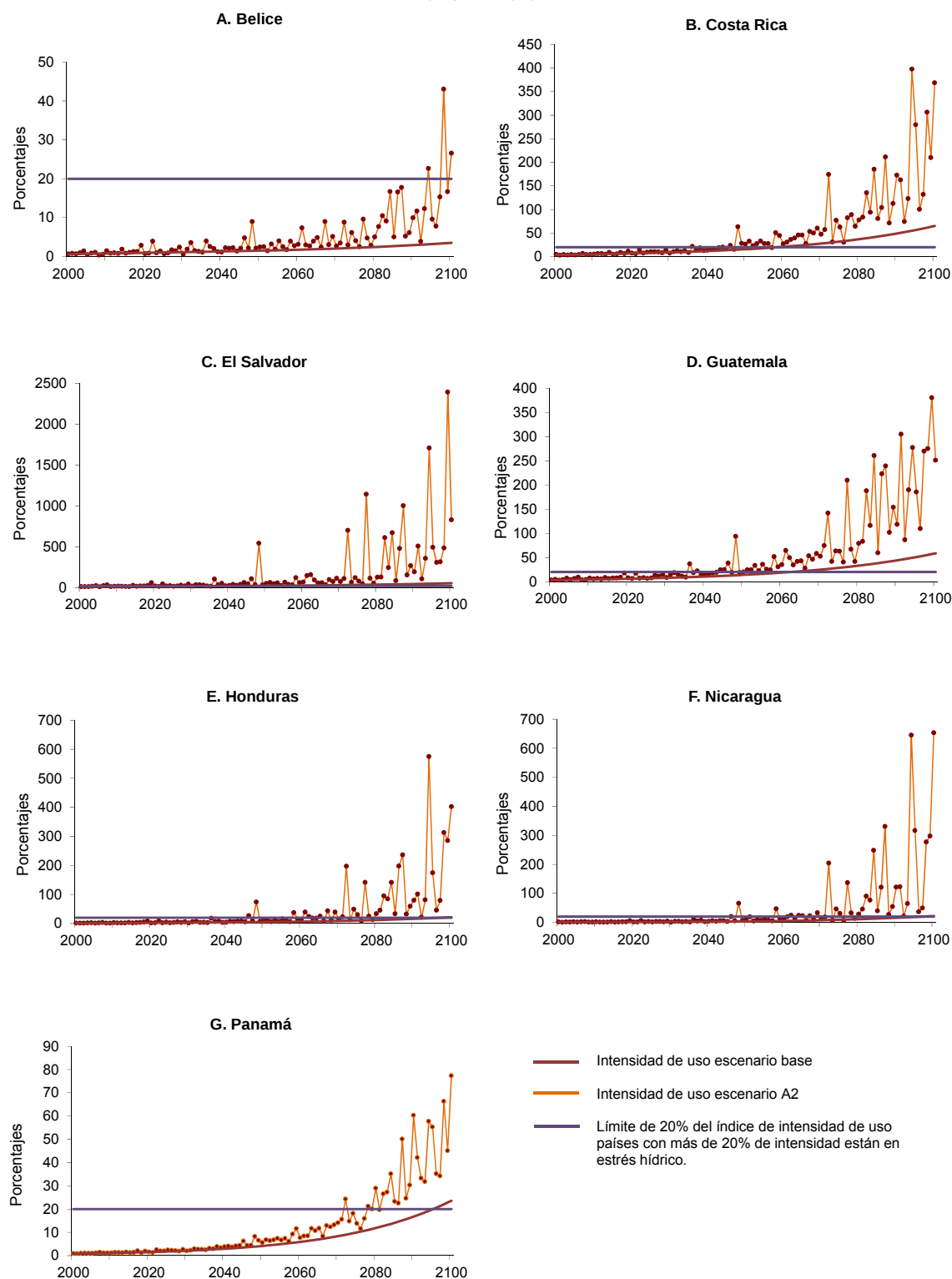
Con las estimaciones de disponibilidad renovable total y de la demanda total de agua se calculó el índice de intensidad de usos (véanse el cuadro 4.7 y el gráfico 4.5). El gráfico 4.5 presenta los resultados por país para el escenario A2, donde la línea roja expresa la intensidad de uso en el escenario base, y la línea naranja expresa la intensidad de uso con A2. La línea morada señala el 20% como medida crítica de estrés indicada por *Earth Trends* (2009). El indicador de intensidad de uso arroja que en el escenario base todos los países sobrepasan el valor crítico de 20%, excepto Belice, y el promedio de la región llega a 36%. En B2 el promedio regional es superior a 140% y en A2 superior a 370%. El Salvador presenta las intensidades mayores en ambos escenarios, aproximadamente 250% y 830%, respectivamente. En B2 le sigue Costa Rica y en A2 Nicaragua y Honduras. Este nivel sería significativamente superior al umbral internacionalmente reconocido de 20% como crítico para el estrés hídrico, y es similar a Egipto y algunos países de la península arábiga en la actualidad (FAO, 2010).

CUADRO 4.7
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE INTENSIDAD DE USO DEL AGUA
CON ESCENARIOS BASE, B2 Y A2, 2000 A 2100
(En porcentajes)

Escenario	2000	2020	2030	2050	2070	2100
Base	3,19	4,69	5,84	9,36	15,61	35,53
B2	3,61	6,97	6,23	20,45	37,78	141,28
A2	3,40	5,47	5,25	18,24	31,16	372,92

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4.5
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE INTENSIDAD DE USO DEL AGUA
CON ESCENARIOS BASE Y A2, 2000 A 2100
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

V. AGRICULTURA

El sector agropecuario es uno de los motores de la economía de la región, representando aproximadamente 11% del PIB total, y considerando la contribución de la agroindustria, 18%.¹¹ Asimismo, es el principal abastecedor de alimentos e insumos para la industria, y contribuye con 35% de las exportaciones totales. Este sector y el medio rural absorben una parte importante de la población económicamente activa, representando una fuente importante de ingresos para los hogares rurales. No obstante, el dinamismo de la producción es lento, en tanto que los rendimientos se han mantenido estancados, afectando su competitividad y sus posibilidades de crecimiento. La baja productividad se explica por la escasa capitalización y los daños derivados de fenómenos climáticos, entre otros factores. El clima influye directamente sobre el crecimiento y el desarrollo de plantas y cultivos, los balances hidrológicos, y en la erosión de la tierra. El fenómeno El Niño en la vertiente pacífica de Centroamérica ha disminuido los niveles de precipitación, retrasado los meses de lluvia, aumentado la temperatura media, reducido la nubosidad, ocasionando veranos más prolongados entre julio y agosto y mayor insolación.

Las investigaciones empíricas del cambio climático en el sector agropecuario han identificado que sus efectos están asociados principalmente al aumento de las concentraciones de CO₂, cambios de la temperatura, variabilidad de los patrones de precipitación, disponibilidad de recursos hídricos y presencia anómala de eventos extremos. No obstante, los resultados muestran relaciones complejas por los límites específicos de tolerancia y resistencia de los cultivos. Los impactos tienden a crecer exponencialmente y pueden alcanzar puntos de inflexión donde se conjugan diversos factores que pueden afectar seriamente la producción. Los impactos climáticos son diferenciados y muy heterogéneos e incluso pueden tener efectos en direcciones contrarias.

Así por ejemplo, el informe del IPCC (Magrin, y otros, 2007) y el Informe Stern (2007) mencionan que el cultivo del maíz en los Andes y en Centroamérica sufrirá importantes disminuciones a consecuencia del incremento de los GEI. En algunos casos se estima una contracción de la producción de hasta 15% (Nagy, 2006). La productividad en las regiones tropicales y subtropicales se reducirá un tercio de los niveles actuales debido al incremento del estrés térmico y a la mayor sequedad del suelo. También se esperan una reducción generalizada de la productividad del arroz en toda América Latina, pudiendo alcanzar hasta 31% en Costa Rica (Magrin y otros, 2007). En general, los modelos de simulación ofrecen resultados complejos con un grado de incertidumbre importante.

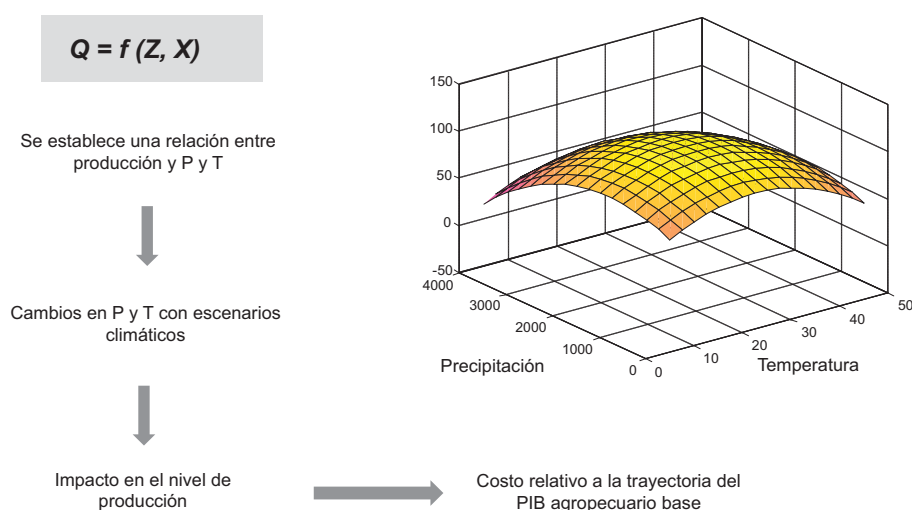
Los eventuales efectos del cambio climático sobre la agricultura del Istmo Centroamericano han sido estimados en diferentes escenarios. Para Guatemala un escenario con un ascenso de temperatura de 3,5 °C y un declive de lluvia de 30% arrojó disminuciones de maíz de hasta 34%, de frijol de hasta 66% y de arroz hasta 27%. En Costa Rica, mediante los modelos del Centro Hadley con los programas MAGICC y SCENGEN y escenarios optimista, moderado y pesimista, se determinó que los rendimientos de arroz, papa y frijol disminuirán, mientras el rendimiento del café aumentará

¹¹ Los datos no incluyen a Belice.

conforme se incremente la temperatura. En Panamá, con un modelo Hadley, se determinó que los rendimientos del maíz aumentarían casi 10% en el 2010, para disminuir 34% en 2050 y caer a 21% en 2100, todo con respecto a la productividad actual. Para Honduras un estudio determinó que se reducirán los rendimientos de maíz en 22% al año 2070 (CEPAL y DFID, 2009).

Identificar los impactos climáticos requiere considerar adecuadamente los efectos de las otras variables en la evolución de las actividades agropecuarias, tales como la combinación de insumos, los fertilizantes, la tecnología, la irrigación, el tipo de administración de riesgos, el manejo de plagas, el trabajo y las características del suelo. En el estudio La Economía del Cambio Climático en Centroamérica, el análisis de los impactos en el sector agropecuario se basa en el enfoque de la función de producción, lo cual permite analizar los efectos del cambio climático sobre la producción y los rendimientos de diferentes cultivos. Una función de producción agrícola Q se puede expresar con variables endógenas X (trabajo, características de los agricultores, capital y otros insumos) y exógenas Z (variables climáticas e irrigación) (véase figura 5.1).

FIGURA 5.1
METODOLOGÍA DE FUNCIÓN DE PRODUCCIÓN APLICADA AL CAMBIO CLIMÁTICO



Fuente: Elaboración propia.

Este estudio analiza los efectos del cambio climático en los índices de producción agropecuaria, producción agrícola, producción de cereales y producción pecuaria. Una segunda vertiente del análisis identifica los impactos de las variables climáticas en los rendimientos promedio de los granos básicos de maíz, frijol y arroz. Para los índices de producción se optó por el método de mínimos cuadrados ordinarios (MCO) porque proporciona un mejor ajuste y significancia de las variables climáticas. La muestra total para la estimación por medio de MCO consistió en 315 datos. Se utilizaron los escenarios macroeconómicos y climáticos del proyecto y los índices de producción agropecuaria tipo Laspeyres, construidos por la FAO¹²,

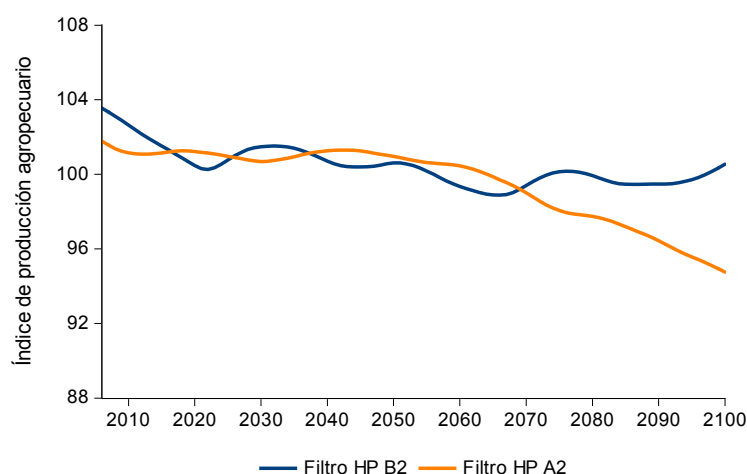
¹² Los índices FAO de producción agropecuaria muestran el nivel relativo del volumen global de producción agrícola anual en comparación con el período base 1999-2001. Están basados en la suma de los precios ponderados de los productos agrícolas producidos después de deducir los gastos en semillas y alimentación de los animales, ponderados del mismo modo. El agregado resultante representa la producción disponible para cualquier utilización, salvo semillas y alimentación de animales. Todos los

además de los datos de superficie de tierra arable y cultivos permanentes, superficie de tierra bajo riego, población económicamente activa (PEA) rural y PEA total de la base FAOSTAT¹³. Para los índices de producción agropecuaria y agrícola se consideró la precipitación acumulada en la época de lluvias para capturar el efecto de la variable precipitación en la época de siembra y crecimiento de los cultivos.¹⁴ Para establecer la relación entre temperatura, precipitación y producción agrícola se realizaron las simulaciones correspondientes, manteniendo constante el resto de las variables con valores del año 2005.

CAMBIOS EN RENDIMIENTOS ASOCIADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL CENTROAMERICANO

Las funciones de producción permiten hacer un análisis hipotético de los impactos y costos marginales de las variables temperatura y precipitación. Este análisis se aplicó a los índices de producciones agropecuarias, agrícolas, cereales y pecuarias y con precios del año 2000. Se utilizaron los escenarios climáticos del proyecto, permitiendo variaciones de temperatura y precipitación en las funciones de producción y suponiendo la inexistencia de cambios tecnológicos y una **adaptación nula** de los agricultores a los efectos del cambio climático. Los gráficos 5.1 a 5.3 muestran la modelación de los índices de producción agropecuaria, agrícola y pecuario de acuerdo al promedio de modelos para los escenarios B2 y A2 con un filtro Hodrick-Prescott.

GRÁFICO 5.1
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE AGROPECUARIO CON CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIOS B2 Y A2), Y FILTRO HODRICK-PRESCOTT, 2006-2100



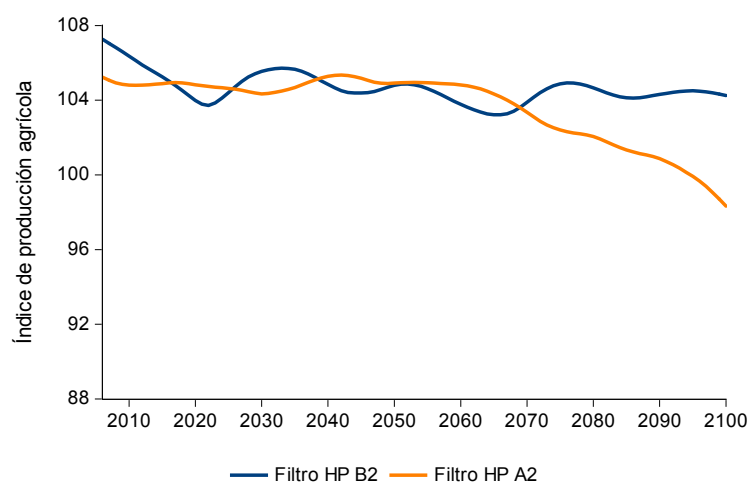
Fuente: Elaboración propia.

índices son calculados con la fórmula Laspeyres. Las cantidades de producción de cada producto son ponderadas por la media de los precios internacionales para el período base 1999-2001 y sumadas cada año.

¹³ FAO División de estadísticas.

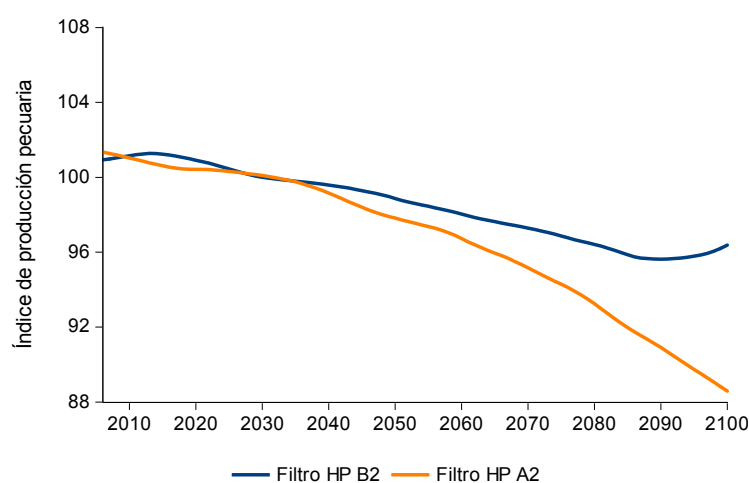
¹⁴ Esta sección se basa principalmente en el estudio publicado por la CEPAL *Istmo Centroamericano: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, disponible en: <http://www.cepal.org/mexico>, con otros siete estudios, uno para cada país.

GRÁFICO 5.2
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE AGRÍCOLA CON CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIOS B2 Y A2), Y FILTRO HODRICK-PRESCOTT, 2006-2100



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 5.3
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE PECUARIO CON CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIOS B2 Y A2), Y FILTRO HODRICK-PRESCOTT, 2006-2100

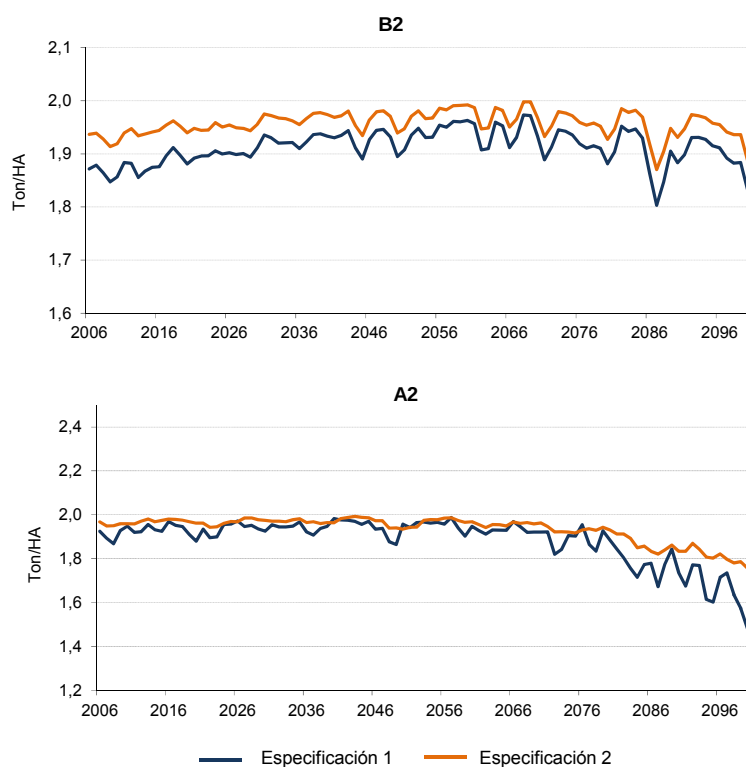


Fuente: Elaboración propia.

Los resultados indican las consecuencias negativas en todos los índices en A2 en las últimas décadas del siglo, y en el índice pecuario en B2. Por ejemplo, el índice agropecuario se reduce aproximadamente 3% en B2 y 9% en A2 a 2100. Los cultivos se reducen 3% en B2 y 10% en A2, mientras que el índice pecuario se reduce aproximadamente 5% en B2 y 13% en A2. Respecto a este último índice, los resultados deben tomarse en sentido indicativo, ya que la relación entre cambios climáticos y niveles de producción pecuaria aún no está claramente identificada. De hecho, en el modelaje no se pudo establecer la significancia estadística del efecto de cambios en la precipitación.

Los impactos en la producción de maíz, frijol y arroz también fueron analizados. Para el maíz el nivel de temperatura óptimo de la región es alrededor de 26,5 °C, adecuado para alcanzar casi 2 toneladas por hectárea. Considerando los niveles de temperatura actuales, existe un margen entre 1 °C a 2 °C en que los rendimientos no se ven afectados de manera importante. Pero si la temperatura promedio aumentara más de 2 °C, la productividad del maíz registraría pérdidas. Los resultados en precipitación muestran que el nivel promedio actual es mucho menor que el óptimo. La producción de maíz en el escenario B2 no sufriría mayores impactos hasta finales del siglo. En A2 el rendimiento crecería ligeramente en el corto plazo, alrededor del promedio histórico de 2 toneladas por hectárea, y luego decrecería hasta posiblemente 1,4 toneladas por hectárea cerca del año 2100 sin medidas de adaptación (véase el gráfico 5.4). Los análisis de cada país identifican amenazas muy serias al rendimiento del maíz en A2 hacia finales del siglo. En función de las diferentes especificaciones utilizadas, los rendimientos podrán llegar a nulo en Guatemala, El Salvador y Panamá (sin considerar medidas de adaptación).

GRÁFICO 5.4
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE MAÍZ CON CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIOS B2 Y A2), 2006 A 2100
(En toneladas por hectárea)



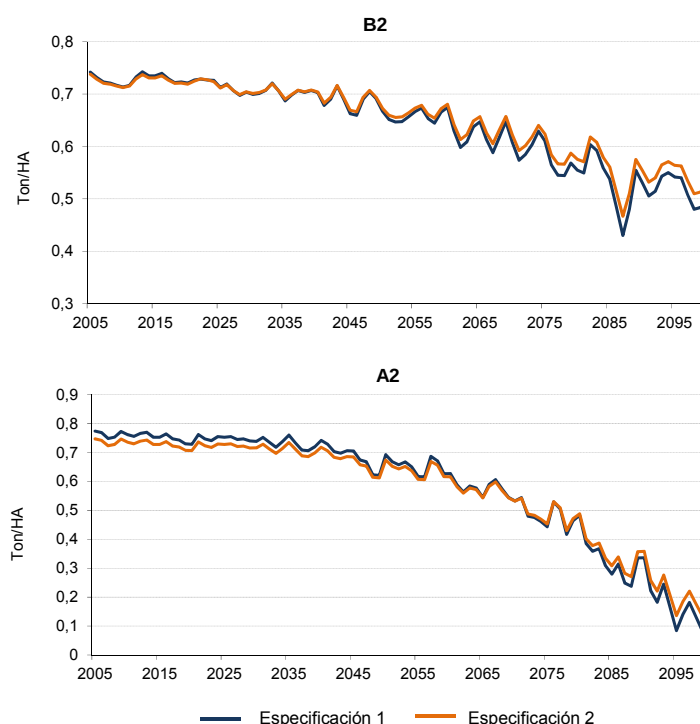
Fuente: Elaboración propia.

Nota: Especificación 1 incluye temperatura media de noviembre a abril y su cuadrado, la precipitación promedio y su cuadrado, superficie provista para riego. Especificación 2 incluye además población.

Los resultados de los rendimientos de frijol indican que el promedio de temperatura regional ya sobrepasó el nivel óptimo en 2,5 °C, aproximadamente. En cuanto a la precipitación, el nivel actual es ligeramente inferior al del rendimiento máximo. Es probable que mayores aumentos de temperatura y reducciones o variabilidad en precipitación afecten seriamente la producción del

cultivo. En los escenarios B2 y A2, el rendimiento del frijol sufre reducciones sustanciales, pasando de más de 0,7 a 0,5 toneladas por hectárea en B2 y a menos a 0,1 toneladas por hectárea en A2 al año 2100 sin medidas de adaptación. Los análisis por país identifican amenazas muy serias al rendimiento del frijol en A2 hacia finales del siglo. En función de las diferentes especificaciones utilizadas, los rendimientos podrán llegar a nulo en Guatemala y El Salvador sin considerar medidas de adaptación. En Belice los rendimientos de frijol se mantienen mejores que los de maíz en B2, pero caen a 0,2 toneladas por hectárea en A2 a final del siglo. Considerando que gran parte de los productores de frijol son pequeños, tienen escasos recursos y rendimiento muy bajo, el impacto de un aumento en la temperatura de entre 1 °C y 2 °C, aun sin llegar al límite superior de 4 °C a 5 °C, tendrá repercusiones importantes en toda la región, poniendo en riesgo la seguridad alimentaria de significativos segmentos de población (véase el gráfico 5.5).

GRÁFICO 5.5
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE FRIJOL CON CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIOS B2 Y A2), 2006 A 2100
(En toneladas por hectárea)

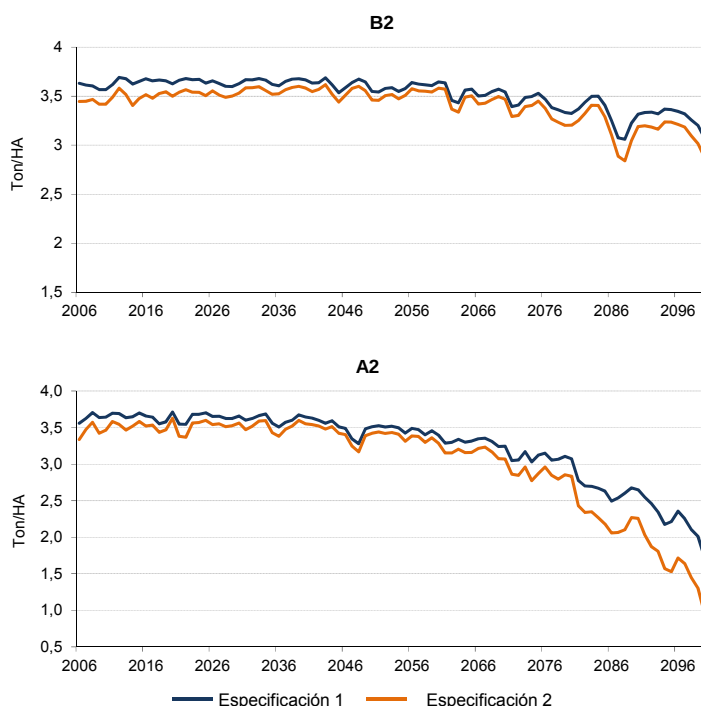


Fuente: Elaboración propia.

Nota: Especificación 1 incluye temperatura media y su cuadrado, la precipitación promedio y su cuadrado, superficie provista para riego y población. Especificación 2 incluye superficie de tierra arable.

La temperatura media actual es compatible con el nivel óptimo de productividad del arroz, la cual se mantendría relativamente estable ante un incremento de la temperatura de hasta 1,5 °C. Un incremento mayor tendría un impacto negativo. El promedio regional de la precipitación actual es compatible con el rendimiento óptimo, pero éste se reduciría con una disminución de aproximadamente 15% en adelante. En los escenarios a 2100, la producción tendería a caer del promedio histórico de 3,5 toneladas por hectárea a entre 2 y 1 toneladas por hectárea en A2 sin medidas de adaptación. En Panamá el rendimiento de arroz en A2 podrá bajar a cerca de nulo en las últimas décadas del siglo si no hay medidas de adaptación (véase el gráfico 5.6).

GRÁFICO 5.6
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LOS RENDIMIENTOS DE ARROZ CON CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIOS B2 Y A2), 2006 A 2100
(En toneladas por hectárea)



Fuente: Elaboración propia.

Nota: Especificación 1 incluye temperatura media, su cuadrado, la precipitación promedio de mayo a octubre y su cuadrado, superficie provista para riego. Especificación 2 incluye además población.

Según otro análisis con el modelo tipo Ricardiano, las ganancias agrícolas se verían reducidas. Con el aumento de una unidad de temperatura media anual habría reducciones en el ingreso por concepto de valor de la propiedad en la mayoría de los países centroamericanos. Este decremento se agudizaría en los deciles de ingresos más bajos de los hogares rurales. Para los primeros ocho deciles se estiman caídas importantes del valor de la propiedad, con cierta dispersión por regiones de cada país. Como resultado de los cambios en la producción agropecuaria, en caso de no tomarse medidas, las pérdidas acumuladas resultarían significativas con respecto a los PIB nacionales de los años recientes (para los análisis con el modelo ricardiano véanse D. Ramírez, Ordaz y Mora, 2009; D. Ramírez, y otros 2010a, 2010b, 2010c, 2010d; Ordaz y otros, 2010a, 2010b; Mora y otros, 2010).

Considerando la relación de la producción agropecuaria con otros sectores de la economía, como en la producción de alimentos procesados, en la economía familiar de pequeños productores y trabajadores agrícolas, en el sector de manufacturas y el aumento de la importación de productos agropecuarios, el impacto del cambio climático significaría un aumento de costos considerable para la región en conjunto.

Más allá de esta estimación inicial de impactos en rendimientos y económicos, está el hecho de que el maíz, el frijol y el arroz son fundamentales en la provisión de calorías y proteínas de grandes partes de la población centroamericana. Según el país y el grano, existe una importante producción de autoconsumo de pequeños agricultores de bajos ingresos. El efecto del cambio climático sobre las

actividades agropecuarias tendrá un impacto significativo en la seguridad alimentaria al reducir la producción de alimentos y el acceso directo a ellos por los productores rurales, más un aumento de los precios y/o escasez, dependiendo de las posibilidades de importaciones compensatorias. Las implicaciones, entonces, son serias para la seguridad alimentaria y la pobreza. Habrá que ampliar el análisis al respecto.

Los resultados evidencian la necesidad de actuar con mecanismos que impidan que las pérdidas del sector alcancen las magnitudes aquí estimadas. Es importante abogar por un acuerdo global de reducción de emisiones y estabilización y la posterior reducción de la concentración de GEI, alejando así la trayectoria del escenario A2 y acercándose a una trayectoria menor. También es fundamental tomar medidas de adaptación a nivel local, nacional y regional, sin esperar un acuerdo global.

A nivel nacional y regional, la respuesta agrícola al cambio climático requerirá una estrecha coordinación con las políticas para reducir la deforestación, proteger la biodiversidad y gestionar los recursos hídricos. Habrá que reconocer y considerar el potencial de expansión de experiencias en la región para fortalecer el bienestar de poblaciones rurales e indígenas con procesos productivos más sostenibles, como la agroforestería, fomento de variedades nativas y combinación de actividades agrícolas con las de protección de ecosistemas naturales y pago por servicios ambientales. Esfuerzos para aumentar el acceso de poblaciones rurales dispersas a fuentes de energía renovables como la solar y presas hidroeléctricas de menor escala, como las propuestas en La Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020, también son claves. En general, el ámbito rural, con sus recursos naturales y productivos, será fundamental para el éxito de una respuesta al cambio climático.

VI. BIODIVERSIDAD

Los países de Centroamérica, cuyo territorio tiene gran diversidad geológica, geográfica, climática y biótica, contienen el 7% de la biodiversidad del planeta (INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad), 2004). La biodiversidad es la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos los ecosistemas terrestres y marinos, otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y entre los ecosistemas (CBD, 1992; Hannah, y otros, 2002a; y Núñez, 2001). Las sociedades se benefician de la biodiversidad por su acervo de bienes y servicios disponibles para las generaciones presentes y futuras. Sin embargo, la degradación y el agotamiento de los recursos biológicos y su biodiversidad son crecientes en todo el mundo. El cambio climático constituye un riesgo adicional. Un incremento de 1 °C en la temperatura superficial del planeta pone en riesgo de extinción a 10% de las especies. Con 3 °C de aumento se verían amenazadas entre 20% y 50% (Stern, 2007).

En términos agregados se observan tendencias a la sustitución de los ecosistemas húmedos por ecosistemas secos, de la vegetación hidrófila por no hidrófila en los humedales, desplazamiento del bosque pluvial montano, montano bajo y premontano, cambios en el páramo pluvial subalpino y el bosque tropical muy húmedo, así como la expansión del bosque tropical muy seco y del bosque premontano seco. Esto incide en el comportamiento de las especies de anfibios y aves, las cuales están disminuyendo. Se ha encontrado que los árboles están creciendo menos y produciendo más dióxido de carbono (aumento de la respiración) por el aumento de la temperatura, que dificulta el proceso de fotosíntesis. Los escenarios previsibles indican pérdida de hábitat como resultado de una mayor incidencia de los incendios forestales, aumento de sequías e inundaciones y cambios sedimentarios en tierras bajas. En consecuencia, las especies invasoras y nuevos vectores de enfermedades podrían propagarse. Se espera un mayor número e intensidad de tormentas tropicales, inundaciones, deslizamientos, erosión y vientos fuertes que afectarán a los ecosistemas. Los impactos actuales y los esperados en los próximos 100 años aumentarán, aunque en buena medida son aún impredecibles porque el ritmo e intensidad de los cambios climáticos serán mayores, desbordando los rangos conocidos (Magrin y otros, 2007; Agencia EFE, 2010; Christensen, 2007; Enquist, 2002; Jiménez Méndez, 2009; Pounds y otros, 1999, MAE, 1999; MARN, 2000; Sistema de Naciones Unidas, El Salvador, 2009).

ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL

En términos cuantitativos, la biodiversidad se calcula normalmente con alguna función de diversidad (Solow, Polasky y Broadus, 1993; Weitzman, 1992), que puede construirse en términos de la distancia genética entre especies, para lo cual se utilizan diversos índices de la riqueza o número de especies y la uniformidad de su distribución por área (Brock y Xepapadeas, 2003). La complejidad de esta medición y su extrapolación a niveles geográficos más amplios dificulta su utilización. El reto en el presente estudio es mayor porque la función debe incluir variables de clima.

Se optó utilizar un índice de biodiversidad potencial para indicar la mayor probabilidad de encontrar más biodiversidad e integrar variables climáticas y de territorio. Las variables son superficie total, superficie con ecosistemas diferentes de los urbanos y agropecuarios, latitud, curvas de nivel, temperatura, precipitación y disponibilidad de agua. Por ejemplo, un territorio con mayor número de curvas de nivel indicaría la posibilidad de mayor número de ecosistemas que en territorios con menos curvas de nivel. A temperaturas más altas, mayor actividad biológica, como lo indica la mayor biodiversidad y concentración de selvas a lo largo del Ecuador. Así, zonas de agricultura intensiva con variables de curva de nivel, precipitación y temperatura propicios podrían registrar índices más altos. Por lo tanto, el índice no necesariamente coincide con el número de especies y ecosistemas actuales, cifra que aún no está bien estimada en Centroamérica.

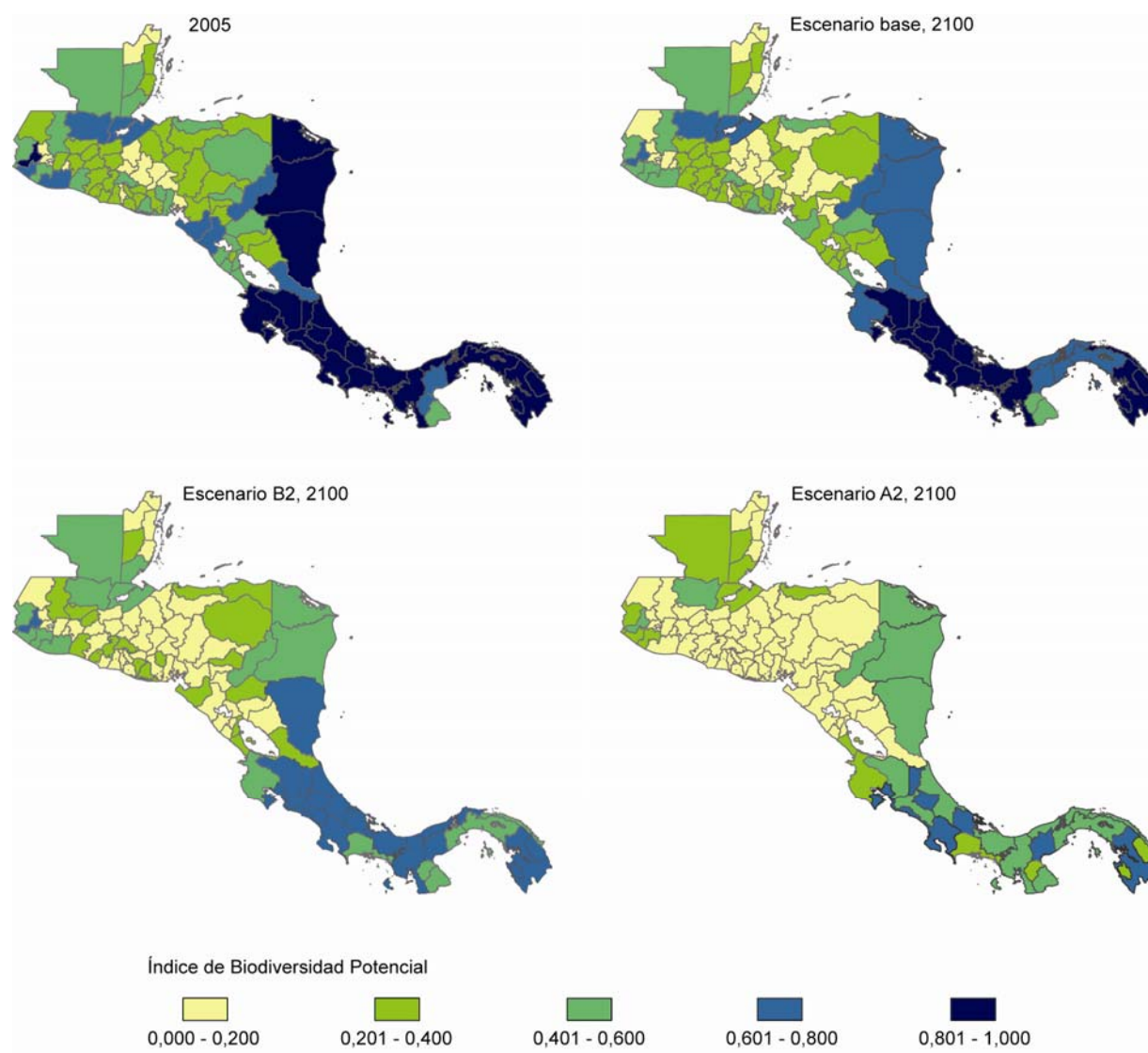
El índice de biodiversidad potencial (IBP) se formuló con información geo-referenciada de los países, publicada por el Sistema de Información Geográfica Ambiental Mesoamericano. Para las variables curvas de nivel, latitud, superficie total, precipitación promedio y temperatura promedio se usó información de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Para el uso de suelo, superficie con ecosistemas no alterados del año 2005 (excluyendo superficie agrícola, urbana y pastizales) se utilizó la información del escenario de cambio de uso de tierra de este mismo estudio. Para formular el índice las variables se normalizaron y se realizaron estimaciones de sección cruzadas. El ejercicio considera a la región como un todo, con datos a nivel departamental.

El resultado para 2005 se aprecia en el mapa 6.1, evidenciando la probabilidad de encontrar mayor biodiversidad en Costa Rica, Panamá y la costa Atlántica, en coincidencia con las áreas boscosas. Es importante recordar que la medición se compone de diversas variables y que el índice ha sido normalizado para la región. Si se extrapola a una región mayor, el promedio de potencial sería más alto frente a muchas otras zonas geográficas.

Para distinguir los impactos del cambio climático de los otros factores que afectan a los ecosistemas y la biodiversidad se preparó un escenario base sin cambio climático al año 2100. Este escenario toma en cuenta la tendencia de cambio de uso de tierra ya presentada. Los resultados se muestran en el mapa 6.1, Escenario base 2100 y en el cuadro 6.1. En este escenario se estima una reducción aproximada de 13% del potencial de biodiversidad en la región. Los países más afectados serían Nicaragua (25%) y Guatemala (21%); el menos afectado, Costa Rica (5%). Se observa que la disminución en el escenario base se estabiliza hacia la segunda mitad del siglo, coincidente con la tendencia en el cambio de uso de suelo y, hasta cierto punto, con los cambios poblacionales en la segunda mitad del siglo.

Con los resultados de los escenarios B2 y A2 con los modelos HadCM3 y HADGEM a escala municipal, se realizaron las simulaciones de modificación del índice potencial para el horizonte temporal al 2100. Estos escenarios incluyen los cambios en el uso de suelo. Los resultados se muestran en el cuadro 6.2, el gráfico 6.1 y el mapa 6.1, Escenarios B2 y A2, 2100 donde se observa que el índice se reducirá significativamente en todos los países en ambos escenarios, en mayor medida en A2, en el cual los incrementos de temperatura y la disminución de la precipitación son mayores. Así, la simulación arroja una reducción del índice de biodiversidad potencial de más de 18% y 36% al 2050 en B2 y A2, respectivamente. Para el 2100 la disminución del índice alcanza 33% y 58%. A nivel de países, la reducción estimada del potencial de biodiversidad en B2 fue de la mitad en Nicaragua a aproximadamente 22% en Belice. En A2 las reducciones son entre 70% y 75% para Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Honduras, y entre 38% y 43% para los otros tres países.

MAPA 6.1
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL,
2005, ESCENARIOS BASE Y CON CAMBIO CLIMÁTICO (B2 Y A2) EN 2100
(En escala de cinco niveles con azul oscuro representando un mayor IBP)



Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 6.1
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL
BAJO EL ESCENARIO BASE (SIN CAMBIO CLIMÁTICO), 2005 A 2100
(En porcentajes de reducción)

Año	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Regional
2020	2,40	1,41	5,70	7,35	6,22	8,49	3,92	4,85
2050	8,59	5,39	11,58	21,35	14,65	25,75	9,55	13,45
2070	8,53	5,39	13,06	20,77	14,33	26,19	9,26	13,49
2100	8,69	4,76	13,06	21,14	13,95	25,38	9,53	13,36

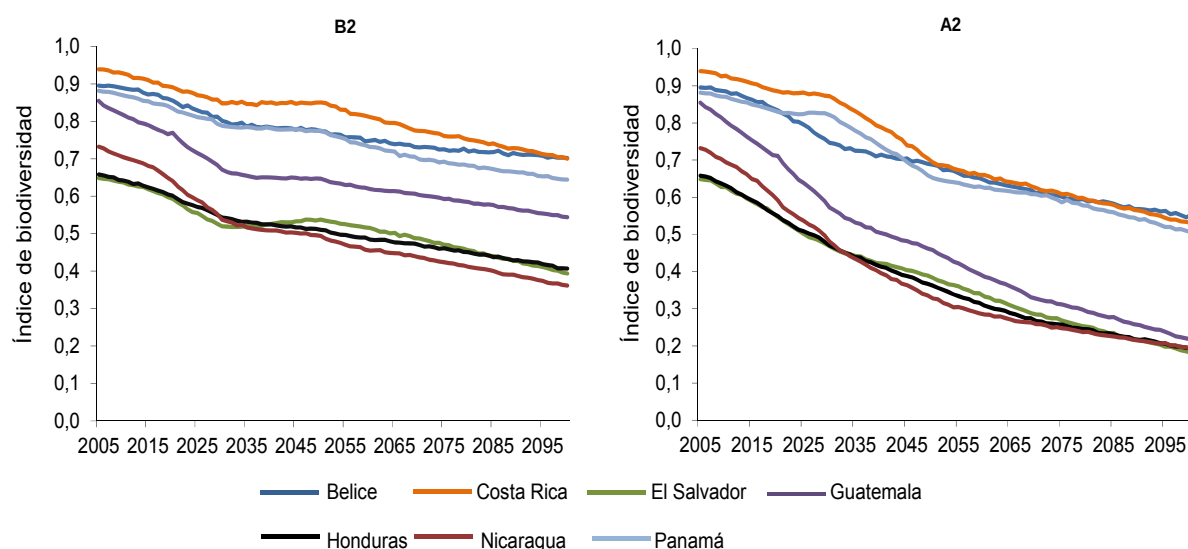
Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 6.2
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL
CON CAMBIO CLIMÁTICO (ESCENARIOS B2 Y A2), 2005 A 2100
(En porcentajes de reducción)

Año	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Regional
Escenario B2								
2020	4,43	5,12	8,59	9,93	8,58	12,55	5,36	7,56
2050	13,56	9,43	17,13	24,33	22,40	32,51	12,06	18,20
2070	18,42	17,50	24,92	29,43	28,55	40,33	20,78	25,12
2100	21,61	25,42	39,34	36,32	38,19	50,63	26,90	33,10
Escenario A2								
2020	6,91	5,72	15,71	16,79	16,53	19,11	5,85	11,79
2050	23,25	26,08	40,91	46,46	44,95	55,23	26,07	36,46
2070	31,82	33,45	56,18	61,70	59,42	64,65	31,09	46,87
2100	38,46	43,49	71,96	74,51	70,63	73,70	42,57	57,69

Fuente: Elaboración propia.

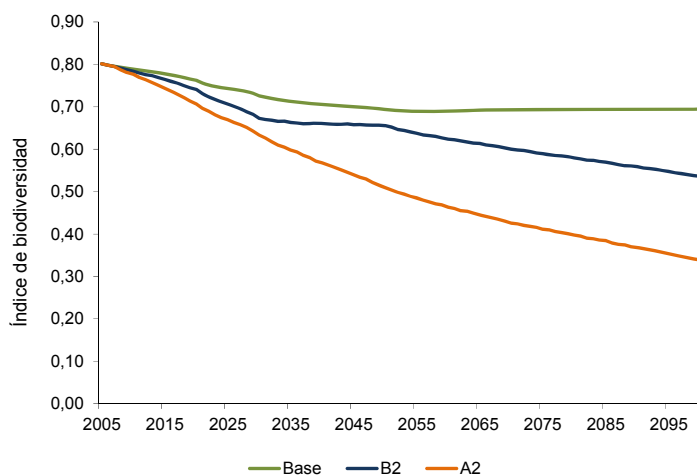
GRÁFICO 6.1
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL
CON CAMBIO CLIMÁTICO (ESCENARIOS B2 Y A2), 2005 A 2100
(En unidades decimales del índice de 0 a 1)



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 6.2 representa la evolución del índice de biodiversidad potencial regional bajo el escenario base y los dos escenarios de cambio climático. De nuevo, se observa que en el escenario base se estabiliza hacia la segunda mitad del siglo, pero en los escenarios de cambio climático los impactos de temperatura y precipitación se intensifican justamente en ese mismo período, más aún en el escenario A2.

GRÁFICO 6.2
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL ÍNDICE DE BIODIVERSIDAD POTENCIAL,
ESCENARIOS BASE Y CON CAMBIO CLIMÁTICO (B2 Y A2), 2005 A 2100
 (En unidades decimales del índice de 0 a 1)



Fuente: Elaboración propia.

VALORIZACIÓN ECONÓMICA DE LA BIODIVERSIDAD

Los ecosistemas, además de ofrecer recursos naturales para las personas, cumplen con funciones ambientales que sustentan la vida. Estas funciones pueden ser de regulación, hábitat, producción e información (De Groot, 1992). Desde una perspectiva económica, el valor total proporcionado por los ecosistemas, las especies o cualquier otro recurso, puede dividirse según sus formas de utilización: valor de uso directo e indirecto, valor de no uso, incluyendo el valor de existencia y el valor de la opción (Pearse, 1992). En este estudio enfocamos los valores de uso directo e indirecto.

La conservación de la biodiversidad puede mejorar la posición competitiva y los rendimientos de muchas actividades económicas. Los servicios de la biodiversidad que reciben valor de mercado directo son múltiples. Bishop, (2008) estima que el valor directo agregado mundial actual de servicios ecosistémicos asciende a 41.215 millones de dólares por año, y que podría subir a 319.850 millones de dólares por año en 2050, tomando en cuenta agricultura certificada, pesquerías, productos maderables certificados y fondos de conservación del suelo.

Con base en la información disponible y homogeneizándola lo más posible se consideraron los siguientes rubros de actividades económicas: a) agricultura enfocada a prácticas amigables con la biodiversidad, como producción orgánica; b) silvicultura enfocada a manejo sustentable, como madera certificada; productos no forestales como uso comercial de especies silvestres, plantas y flores ornamentales, nueces, frutas, hierbas, especies, hongos, miel, corcho, resinas, paja, ratán, bambú y un conjunto de productos de plantas y animales de uso medicinal, cosmético, culinario, cultural y otros; c) bioprospección entendida como investigación y exploración selectiva de la diversidad biológica para identificar recursos genéticos y bioquímicos actual o potencialmente valiosos desde el punto de vista comercial, lo que es considerado un valor de opción de la biodiversidad (Loa, 1998); d) ecoturismo, incluyendo esparcimiento responsable que conserve áreas naturales y mejore el bienestar de la población local y e) pago por servicios ambientales (PSA) y esquemas por manejos compensatorios de ecosistemas: atribución de valor a los servicios ambientales y fijación de precios y sistemas de redistribución para prácticas sostenibles.

Con base en información de cuentas nacionales y de mercados formales se calculó el valor agregado de los servicios asociados a la biodiversidad para cada país (véase el cuadro 6.3). El valor de la producción orgánica de toda la región sería de 92 millones de dólares. Los países con mayor participación son Costa Rica y Nicaragua. En segundo lugar está la producción no maderable con 33 millones de dólares, seguida por ecoturismo con 30 millones de dólares. El rubro con menor aporte es la exportación de animales vivos. Costa Rica acumula el mayor valor (63 millones de dólares), Belice el menor (9 millones de dólares).

CUADRO 6.3
CENTROAMÉRICA: VALORES DIRECTOS REGISTRADOS DE LOS SERVICIOS DE LA BIODIVERSIDAD
(En millones de dólares a precios del 2000)

Servicios	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
Ecoturismo	0,53	13,49	ND	0,59	1,42	0,08	13,67	29,78
Animales vivos	ND	0,49	1,51	0,05	0,03	0,08	0,04	2,20
Productos animales	ND	0,95	0,17	0,05	0,14	1,45	0,58	3,35
Producción forestal certificada (sostenible)	1,79	0,09	0,00	5,93	0,09	0,00	0,01	7,91
Producción agrícola orgánica	3,25	23,71	12,09	10,21	6,18	28,57	7,73	91,75
Producción no maderable	1,32	11,37	2,86	6,20	2,48	7,08	2,13	33,44
Bioprospección	1,98	3,18	ND	ND	ND	ND	0,60	5,76
Pagos por servicios ambientales (PSA) y programas de manejo	ND	10,20	7,81	6,57	ND	0,04	ND	24,62
Total	8,88	63,47	24,44	29,62	10,34	37,30	24,76	198,8

Fuente: Elaboración propia con datos de los países.

Se encontraron 163 estudios de valoración económica de diferentes servicios ecosistémicos en la región, con diferentes métodos: valoración contingente, costos de viaje, función de producción, costos evitados y metanálisis, entre otros. El 38% de los estudios se refieren a Costa Rica, 19% a Guatemala, 13% a Honduras, 13% a Nicaragua, 5% a Panamá y 2% a Belice. Los estudios varían en escala y temporalidad, por lo que no son comparables ni agregables.

Para realizar la valoración indirecta de la biodiversidad se utilizó una función de producción agrícola con datos de sección cruzada de los países. Esta función (Solow, 1993) relaciona el producto total con sus factores productivos, que normalmente incluyen capital y trabajo. En forma creciente se incluyen variables de aspectos ambientales como energía, contaminación, degradación ambiental y biodiversidad (Maabey y otros, 1997; Coase, 1960). Una función de producción agrícola que incluya a la biodiversidad como factor productivo permite estimar su contribución marginal a la producción y así estimar el precio sombra de los servicios ecosistémicos. La evidencia disponible sugiere que la diversidad biológica contribuye a aumentar la biomasa y la producción agrícola al aumentar la capacidad de resistencia a las plagas y las opciones productivas (Brock y Xepapadeas, 2003). En este estudio se incluye la contribución de la biodiversidad a la dispersión de semillas, la polinización y la regulación de plagas y sus impactos negativos. Se realizó la estimación de la función de producción con datos de sección cruzada para los países de la región e incorporando el Índice de biodiversidad potencial. Los coeficientes resultantes fueron la base para la simulación de los escenarios de cambio climático en la producción agrícola, considerando el aporte de la biodiversidad.

Una pequeña parte de los servicios proporcionados por la biodiversidad han sido objeto de esta valoración económica, cuyos resultados se presentan en la sección IX. Una parte importante de

este costo es por pérdidas de producción agrícola, lo cual probablemente es adicional al costo calculado en la sección correspondiente. Se tomó en cuenta el escenario de cambio de uso de tierra tendencial, pero aún no se ha calculado la pérdida de áreas de ecosistemas, como los bosques, provocada por el cambio climático. Los resultados de este análisis deben entenderse como indicaciones de las tendencias, no como proyecciones de cifras exactas.

La biodiversidad es un activo fundamental que contribuye al bienestar de la humanidad. Centroamérica cuenta con este activo, un verdadero acervo valioso, el cual compensa hasta cierto punto el limitado acceso de la población pobre a bienes necesarios para su sobrevivencia vía el mercado. La presión de las actividades humanas aumentará por lo menos hasta que la población se estabilice, aun sin cambio climático, y hasta transitar a una economía más eficiente en el uso de los recursos naturales y menos contaminante. Con los resultados de los escenarios climáticos se observa que el índice de biodiversidad potencial se reducirá significativamente en todos los países.

El conjunto de los bienes y servicios ambientales contribuye de diversas formas a los procesos de producción, distribución y consumo. En este sentido su valor económico es incuestionable. No obstante, este valor no se refleja en los precios de mercado; en muchos casos no se refleja en absoluto. Así que no se puede esperar su incorporación a los mercados a tiempo para incentivar decisiones correctas de uso y preservación. Las señales vía productividad agrícola, disponibilidad de agua y otras llegarán cuando los activos se hayan agotado, lo que ocurrirá aun sin cambio climático. Responder a este reto requerirá incorporar la valorización los servicios ambientales de la biodiversidad y tomar medidas fuera del mercado para generar incentivos y marcos regulatorios adecuados. Es necesario considerar el principio de precaución y establecer un estándar mínimo, considerando la irreversibilidad de la pérdida biológica, el riesgo y la incertidumbre (Bauer, 1995).

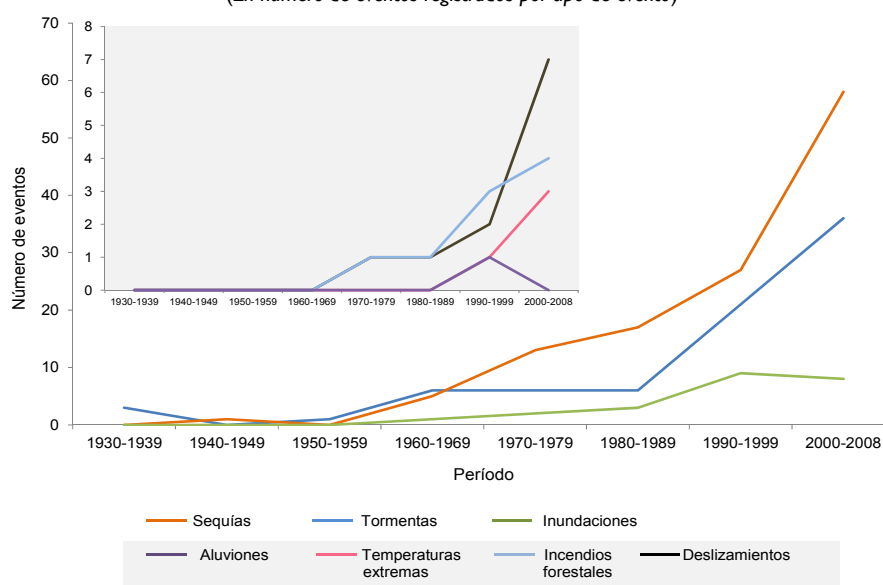
Centroamérica está realizando esfuerzos para la conservación de las áreas naturales protegidas (ANP). En 2003, el último año con datos disponibles para todos los países, había casi 13 millones de hectáreas en un total de 557 ANP en el Sistema Centroamericano de Áreas Protegidas. El país con mayor extensión es Guatemala. Existen además 145 áreas marinas y de litoral protegidas. La región tiene programas o estrategias para los esfuerzos de protección y adaptación: Programa Regional para el Manejo de los Ecosistemas Forestales y la Política Centroamericana para la Prevención de Incendios Forestales, entre otros (CCAD, 2003). Los siete países han establecido el Corredor Biológico Mesoamericano (CBM) con los estados del sur-sureste mexicano para la conservación de la diversidad biológica y la promoción del desarrollo humano sostenible (Zúñiga, 2002). Estas iniciativas, otras reservas naturales privadas y los esfuerzos para integrar estas áreas son importantes. Se recomienda generar escenarios que permitan informar la ubicación estratégica de nuevas áreas protegidas y diseñar su interrelación para prever adaptaciones de los ecosistemas al cambio climático. Se refuerza la necesidad de tomar medidas de adaptación enfocadas a las prácticas agrícolas sustentables y a la reducción de la deforestación.

VII. EVENTOS EXTREMOS

Los riesgos asociados al impacto de cambio climático en los eventos extremos que sufre Centroamérica son elevados debido a su exposición geoclimática, mientras que la vulnerabilidad de los asentamientos humanos y las actividades productivas es cada vez mayor. Entre 1930 y 2008 la región ha padecido 248 eventos extremos mayores asociados a fenómenos climáticos e hidrometeorológicos. Honduras ha recibido la mayor cantidad (54) y Belice la menor (18). Los eventos más recurrentes son inundaciones, tormentas, deslizamientos y aluviones, poco más de 85% de los eventos totales. Un 9% corresponde a sequías, 4% a incendios forestales y 2% a temperaturas extremas, principalmente bajas. Los desastres con mayor impacto son los asociados a tormentas tropicales y huracanes de diversa magnitud, cuyos efectos pueden abarcar todo el territorio, pero que se acentúan en la costa atlántica (EM DAT).

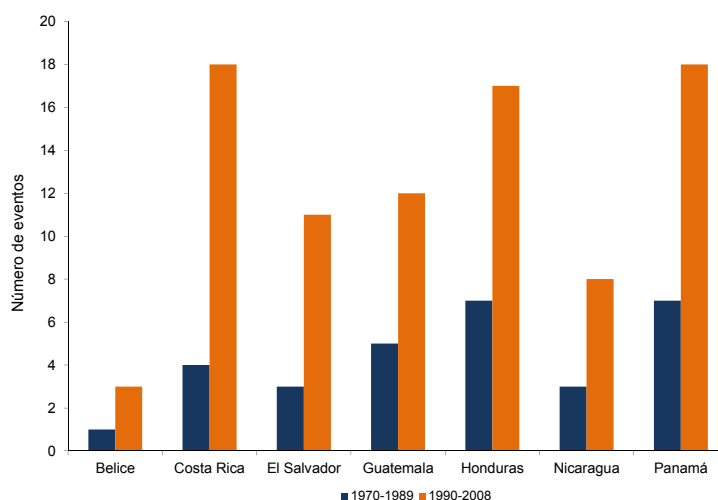
A partir de la década de lo sesenta se observa un incremento sostenido del número de eventos, sobre todo inundaciones y tormentas, con una acumulación importante desde 1990 hasta el 2008. Los deslizamientos, las temperaturas extremas, las sequías y los incendios forestales manifiestan una tendencia creciente a partir de los años noventa. Según los limitados registros disponibles, la región es principalmente afectada por inundaciones. En las últimas dos décadas la frecuencia de inundaciones se ha duplicado respecto al período de 1970 a 1989 en todo el Istmo. Los países con mayor número de inundaciones son Costa Rica, Honduras y Panamá; El Salvador, Guatemala y Nicaragua mantienen una frecuencia intermedia (véanse los gráficos 7.1 y 7.2).

GRÁFICO 7.1
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN TEMPORAL DE LOS EVENTOS EXTREMOS REGISTRADOS, 1930 A 2008
(En número de eventos registrados por tipo de evento)



Fuente: EM-DAT <http://www.emdat.be>.

GRÁFICO 7.2
CENTROAMÉRICA: NÚMERO DE INUNDACIONES REGISTRADAS EN DOS PERÍODOS, 1970-1989 Y 1990-2008



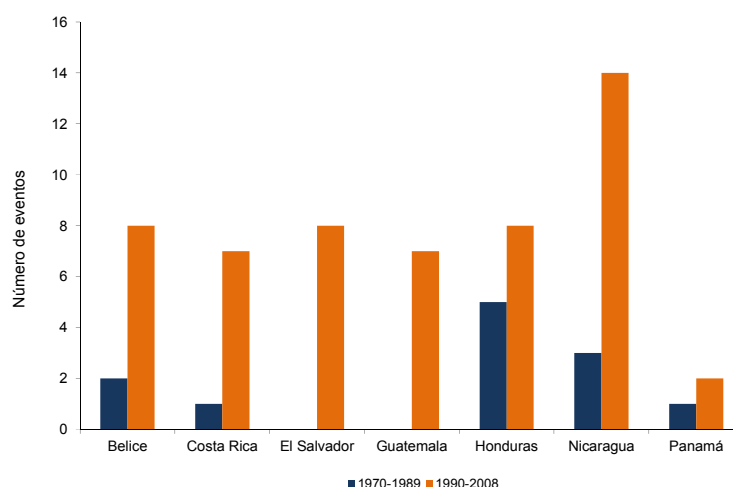
Fuente: Elaboración propia con base en EM-DAT <http://www.emdat.be>.

El riesgo de inundaciones más recurrentes y abundantes se presenta en los territorios de inundación natural: las riveras de los ríos, las zonas bajas y las zonas costeras. Las inundaciones más severas han ocurrido a lo largo de la costa y buena parte del norte de Belice, en las costas y los territorios circundantes a ríos y lagos en Guatemala y en la costa y los territorios ribereños del río Lempa en El Salvador. El patrón de riesgo por inundaciones de Honduras se concentra en ambas costas y en la región costera y surponiente de la Región Autónoma del Atlántico Norte (RAAN) y la zona costera de Chinandega en Nicaragua. En Costa Rica afectan principalmente los territorios de Guanacaste y el norte de las provincias de Alajuela, Heredia y Limón. El territorio más expuesto de Panamá es una franja de la provincia de Darién (PNUMA/PNUD/EIRD/Banco Mundial, 2010).

Más de 80% del territorio centroamericano está expuesto a deslizamientos causados por precipitaciones. Los territorios en riesgo coinciden con las zonas más deforestadas. A nivel de país este riesgo es mayor en el centro y sur de Guatemala. En El Salvador, cuyos bosques abarcan sólo el 10% de su superficie, prácticamente todo el territorio está expuesto. En Honduras los riesgos se concentran en el centro y suroeste; en Nicaragua los departamentos de Jinotega, Matagalpa, Chinandega y el resto de la costa pacífica son los más expuestos. Casi toda Costa Rica, salvo las partes norte de las provincias de Limón, Heredia y Alajuela, está expuesta a deslizamientos de intensidades entre media y muy alta. Casi todo el territorio de Panamá está expuesto en magnitudes variables. Belice es el país menos expuesto (PNUMA/PNUD/EIRD/Banco Mundial, 2010).

En los dos períodos presentados en el gráfico 7.3 se registra un significativo aumento de tormentas mayores y huracanes. El Salvador y Guatemala no registraron este tipo de eventos en el primer período, pero sí en el segundo. Belice y Costa Rica registran un número muy bajo en el primer período y un incremento importante en el segundo. Panamá es el único con incidencia mínima, aunque muestra un ligero aumento en el segundo período. Nicaragua tiene el registro más alto en el segundo período con 14 eventos.

GRÁFICO 7.3
CENTROAMÉRICA: NÚMERO DE TORMENTAS TROPICALES Y HURACANES EN DOS PERÍODOS,
1970-1989 Y 1990-2008



Fuente: Elaboración propia con base en EM-DAT <http://www.emdat.be>.

En cuanto a sequías, prácticamente no hay porción de Centroamérica que en los últimos 30 años no las haya sufrido.¹⁵ Existe un corredor de zonas severamente afectado por la sequía en la vertiente del Pacífico, que cruza todos los países y tiene alta vulnerabilidad (MARENA-PNUD, 2001; P. Ramírez, 2007; CEPAL, 2001). Períodos secos asociados con El Niño – Oscilación Sur suelen causar daños y pérdidas considerables en todos los países de la región, lo que podría intensificarse en el corto plazo por los efectos ya pronosticados del cambio climático (PNUMA/PNUD/EIRD/Banco Mundial, 2010). Entre 1974 y 2004 la mayor frecuencia de eventos se registró en Guatemala, Honduras, Nicaragua, la costa pacífica de Costa Rica y la costa atlántica de Panamá. Las sequías más severas han ocurrido en los territorios de Alta Verapaz y parte de El Petén, Guatemala, el norte del departamento de Cortés y la parte norponiente de Gracias a Dios en Honduras, el departamento Rivas en Nicaragua y el norte de la provincia Guanacaste en Costa Rica. Las sequías se asocian ampliamente con procesos de degradación ambiental, los que, combinados con condiciones climáticas adversas, incrementan su recurrencia y sequedad.

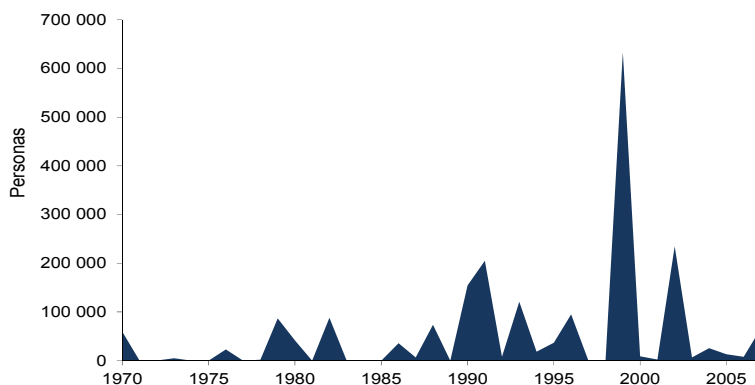
La organización *German Watch* ha establecido un índice de riesgo climático global que califica el impacto de los eventos (tormentas, inundaciones, sequías, etc.) sobre los países. Con base en el número absoluto de muertos, número de muertos por cada 100 mil habitantes, pérdidas totales en dólares y pérdidas en proporción del PIB, el índice establece un *ranking* de 177 países. Los resultados de 1998 a 2007 indican que los países menos desarrollados son los más afectados. Entre dos países, el país con el número más bajo es el más vulnerable. Los datos muestran que Honduras es el país con el resultado 1, Nicaragua 3, Guatemala 11, El Salvador 30 y Belice 34 entre todos los países (*German Watch*, <http://www.germanwatch.org/klak/cri06.pdf>).

¹⁵ La definición de *sequía* aquí adoptada es: evento de tres meses consecutivos de duración con precipitaciones menores a 50% del promedio (*Global Risk Data Platform*). La frecuencia se refiere al promedio del número de eventos por año por píxel para el período 1974-2004.

IMPACTOS ASOCIADOS A LOS EVENTOS EXTREMOS

El número total de personas afectadas por inundaciones en los siete países de la región se ha incrementado en las últimas dos décadas (véase el gráfico 7.4).

GRÁFICO 7.4
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE NÚMERO DE PERSONAS AFECTADAS POR INUNDACIONES, 1970 A 2006



Fuente: Elaboración propia con base en EM-DAT <http://www.emdat.be>.

Los eventos hidrometeorológicos extremos son amenazas que pueden convertirse en factores desencadenantes de desastres. El riesgo de que se produzcan está determinado por la concurrencia de factores de exposición y vulnerabilidad, todos ellos de índole social y por ende susceptibles de mitigarse o agravarse mediante políticas públicas y acciones de las comunidades humanas (Landa, Víctor Magaña y Neri, 2008). La instrumentación de políticas públicas requiere una aproximación a la valuación de los efectos catastróficos, de ahí el creciente interés por estimar sus costos económicos, para lo que se han propuesto estrategias y técnicas de medición (Freeman, Keen y Mani, 2003; Skidmore y Toya, 2002; Sadowski y Sutter, 2005; Kellenberg y Mobarak, 2008; Baritto, 2008; Crompton y McAneey, 2008).

La estimación de pérdidas económicas por eventos extremos en Centroamérica se inició hacia aproximadamente cuatro décadas por esfuerzos de las instituciones nacionales y regionales y la CEPAL con apoyo de otras agencias internacionales. Sus estimaciones son la única fuente de información confiable para determinados tipos y magnitudes de eventos, pero son insuficientes para análisis de largo plazo. De acuerdo con ellas, once eventos extremos de origen hidrometeorológico y climático que afectaron a Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua han producido pérdidas por 13.642 millones de dólares a valores de 2008. El huracán Mitch, ocurrido en 1998, es el que ha provocado las mayores pérdidas, cerca de 8.000 millones de dólares, equivalente a 58% de las pérdidas totales causadas por los once eventos evaluados. Le siguen las pérdidas producidas por el huracán Joan en 1988 (10%) y las de la tormenta tropical Stan en 2005 (10%). Los costos estimados muestran que Honduras ha sido el más afectado con 5.592 millones de dólares, equivalentes a 41% de las pérdidas totales, principalmente por el huracán Mitch. Le sigue Nicaragua con 4.513 millones de dólares (33%), Guatemala con 2.198 (16%) y El Salvador y Costa Rica con 7% y 3% de las pérdidas totales acumuladas a precios de 2008.

En cuanto a la vulnerabilidad de los sectores económicos, poco más de la mitad de las pérdidas registradas correspondieron a los sectores productivos y una cuarta parte de las pérdidas totales

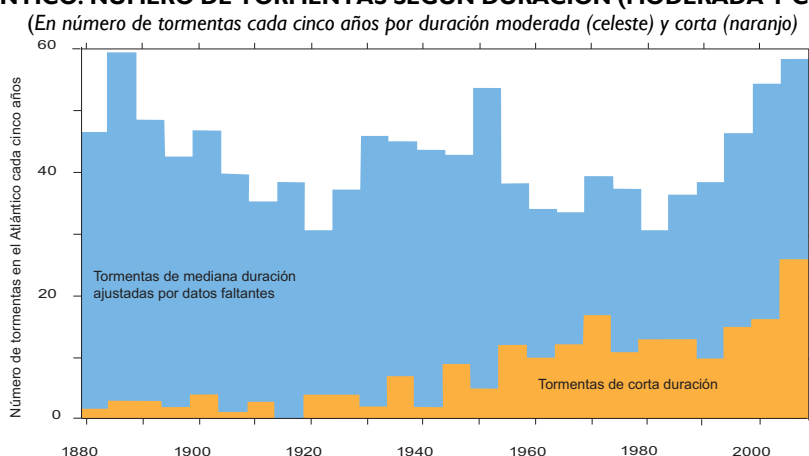
recayó en infraestructura. Los sectores sociales registran el 17% de las pérdidas totales y el medio ambiente 7%. El sector agropecuario concentra casi las tres cuartas partes del total productivo. En infraestructura el subsector telecomunicaciones y transportes registra el 86% de las pérdidas totales a nivel de la región principalmente debido a la destrucción de caminos y vías de comunicación, y dentro del sector social el 79% de las pérdidas corresponde a vivienda.

Los grandes daños a las viviendas se explican por las características de las viviendas mismas y por la condición socioeconómica de la población. Indicadores básicos de calidad de la vivienda registran que a nivel regional alrededor del año 2000 la tercera parte de la población urbana vivía en casas precarias y sólo 43% de los hogares tenía tenencia segura. En 2003 el 43% de las viviendas rurales tenía piso de tierra, 12% tenía techo de materiales precarios y 20% tenía paredes de materiales livianos o no permanentes. Los indicadores son relativamente mejores en las zonas urbanas y los valores varían según los países, siendo El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua los que presentan los indicadores más desfavorables (Banco Mundial, 2009; Banco Interamericano de Desarrollo, 2009; UNEP/DEWA/GRID-Europe, 2009).

RELACIÓN ENTRE EL CAMBIO CLIMÁTICO Y FRECUENCIA E INTENSIDAD DE HURACANES Y TORMENTAS

En el Cuarto Reporte del IPCC, (2007), el capítulo coordinado por Hegerl cita dos resultados de investigación interesantes: que no hay evidencia clara de aumento en la frecuencia de los ciclones y tormentas tropicales asociable al cambio climático cuando menos hasta finales de los noventa, pero sí de su intensidad. Múltiples factores influyen en la frecuencia de estos eventos y las estimaciones se basan en modelos de clima cuya resolución espacial no permite una simulación suficientemente detallada de los eventos, lo que provoca un elevado grado de incertidumbre de las proyecciones. Los resultados de estos modelos sugieren que ante un aumento de las concentraciones de GEI el número de huracanes disminuye, aunque su intensidad aumenta. El gráfico 7.5 muestra que, mientras la frecuencia de las tormentas tropicales de corta duración (menos de dos días) en el océano Atlántico muestra una tendencia ascendente, sobre todo desde 1960, las de duración moderada presentan una posible fluctuación a través de las décadas, habiendo cambiado su trayectoria a partir de 1980. La incertidumbre sobre la relación entre frecuencia y cambio climático podrá resolverse cuando se aclare si el patrón de frecuencia sale de su oscilación histórica a través de las próximas décadas.

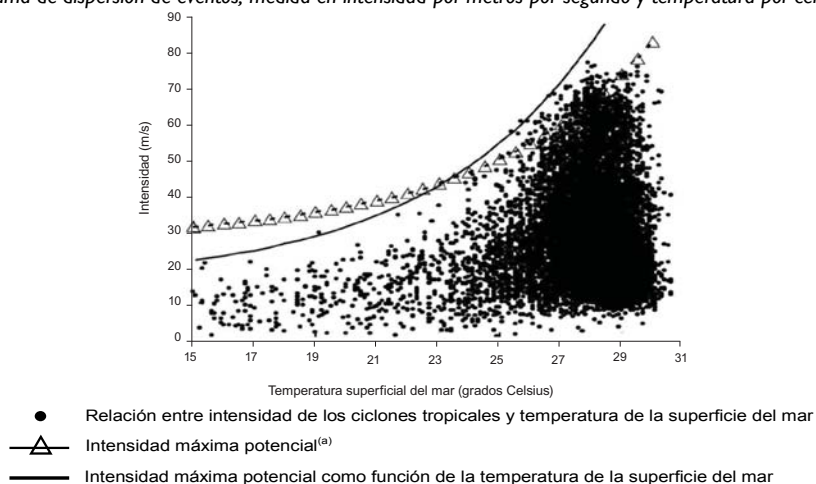
GRÁFICO 7.5
OCÉANO ATLÁNTICO: NÚMERO DE TORMENTAS SEGÚN DURACIÓN (MODERADA Y CORTA), 1878-2006



Fuente: <http://www.gfdl.noaa.gov/historical-atlantic-hurricane-and-tropical-storm-records>.

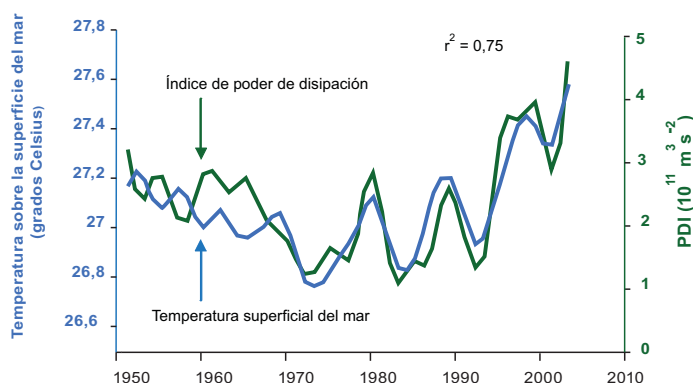
Respecto a la relación entre la intensidad y cambio climático, la evidencia es más sólida. Se estima que los océanos del mundo han absorbido alrededor de 20 veces más calor que la atmósfera durante el último medio siglo, provocando temperaturas más altas en aguas superficiales y profundas (T. P. Barnett y otros, 2005; Levitus, Antonov y T. Boyer, 2005). Ambos factores contribuyen a la mayor intensidad de ciclones tropicales sobre el océano (Hansen, 2005). Esta hipótesis se sustenta en investigaciones que identifican una relación positiva entre la intensidad de los ciclones tropicales y la temperatura superficial de los océanos (Emanuel 1987; Holland, 1997; Henderson-Sellers, 1998). Zeng, Wang y Wu (2008) correlacionan la intensidad de los ciclones, medida en metros por segundo (m/s), con la temperatura superficial del océano Pacífico Norte, indicando una relación positiva entre mayor intensidad de los ciclones y aumento de la temperatura global (véase el gráfico 7.6). Otra vertiente de investigación comprende los estudios basados en modelos de clima y su impacto en la temperatura de los océanos. Emanuel (2007) reporta una asociación positiva entre la temperatura de la superficie del océano Atlántico y el índice del poder de disipación compuesto, PDI, que mide la intensidad de huracanes, incluyendo su velocidad y su duración (véase el gráfico 7.7).

GRÁFICO 7.6
OCÉANO PACÍFICO: INTENSIDAD DE CICLONES Y TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR
(Diagrama de dispersión de eventos, medida en intensidad por metros por segundo y temperatura por centígrados)



Fuente: Zeng y otros, pp. 41 (2008). (a) De acuerdo con De María y Kaplan (1994b).

GRÁFICO 7.7
OCÉANO ATLÁNTICO: TEMPERATURA DE LA SUPERFICIE DEL MAR E ÍNDICE DE PODER DE DISIPACIÓN DE HURACANES
(En centígrados en eje izquierdo y PDI en metros cúbicos por segundo en eje derecha)



Fuente: Emanuel (2007), PDI = índice de poder de disipación.

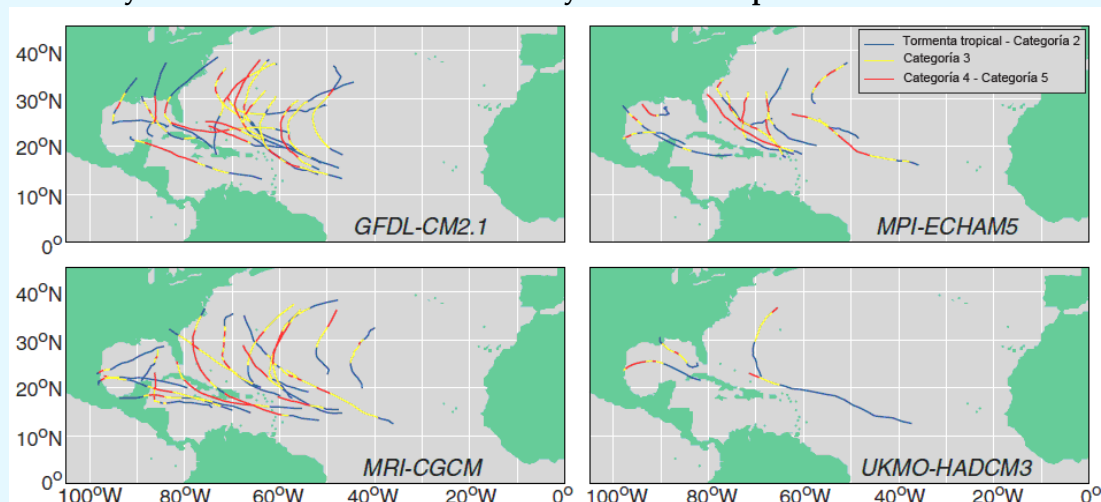
Henderson-Sellers y otros (1998) calculan que si el nivel de emisiones de 1990 se duplicara al año 2080, el potencial de intensidad de los ciclones aumentaría en un rango de 10% a 20%. T. R. Knutson y Tuleya (1999) estiman un aumento de 5% a 11% en la intensidad de tifones en la región del Pacífico Norte por incrementos elevados de emisiones de CO₂. Knutson (2001) calcula que un aumento de la temperatura de 2,3 °C a 2,8 °C en la superficie de los océanos por emisiones de CO₂ aumentaría la intensidad de los vientos entre 3% y 10%. Lennart Bengtsson y otros (2007) estiman que la velocidad máxima del viento podría aumentar en un rango de 6% a 8% en el presente siglo, considerando un aumento de 1% anual de las emisiones de CO₂ en los próximos 80 años.

RECUADRO 7.1 INVESTIGACIÓN RECIENTE PARA ESTIMAR CAMBIOS EN INTENSIDAD Y FRECUENCIA DE HURACANES DEBIDO AL CAMBIO CLIMÁTICO

El Laboratorio de Dinámicas Geofísicas Fluidas (GFDL por sus siglas en inglés) quiso indagar más acerca de los resultados de estudios recientes que sugieren que la frecuencia de ciclones tropicales en el Atlántico podría reducirse con el cambio climático, aunque sin reproducir ciclones de categorías 3 a 5. El estudio alimentó un modelo regional con los datos de 18 modelos climáticos globales para simular épocas de huracanes completas y después empleó dos versiones de su propio modelo de predicción de huracanes para resimular cada huracán generado por el modelo regional. Se usó el escenario global de emisiones A1B del IPCC con los modelos ECHAM5, HadCM3, GFDL-CM2.1 y MRI-CGCM, comparando el período de 2001-2020 con el de 2081-2100 (tres modelos utilizados en este estudio y uno de la familia MIROC).

Los resultados de la simulación con los modelos GFDL-CM2.1 y ECHAM5 indican que se espera un incremento del número de huracanes de categoría 4 y 5 hasta 110% y una reducción en el número total de huracanes entre 8% y 24%. El HadCM3 sugiere una reducción en todas las categorías, posiblemente porque predice aumentos de la cizalladura del viento (*wind shear*) en la mayor parte del Atlántico al sur de 22 grados N y en potencial intensidad al sur de 25 grados N. Considerando las incertidumbres, los resultados sugieren que un aumento significativo del calentamiento global probablemente impactará la frecuencia de huracanes de gran intensidad a partir de 2050 en adelante, los cuales son asociados a mayores pérdidas y daños al alcanzar las costas.

Trayectoria simulada de los huracanes y tormentas tropicales con escenario A1B



Fuente: Bender y otros, 2010.

Con estas acotaciones es posible hacer un escenario inicial hacia el 2100 sobre el incremento de la intensidad de los huracanes y tormentas mayores, con los siguientes supuestos:

- Una atmósfera más caliente de lo normal contiene más vapor de agua. Si en tal atmósfera se mantienen los procesos naturales que forman nubes y precipitan lluvias, éstas pueden ser más intensas pero quizá menos frecuentes.
- Un planeta con temperaturas más elevadas engendrará un ciclo hidrológico más intenso, incluyendo huracanes más intensos y quizá ciclos ENOS reforzados.
- El IPCC no ha alcanzado consenso sobre la relación entre frecuencia de las tormentas y huracanes y cambio climático, pero hay suficiente evidencia de la relación entre este fenómeno y la intensidad de tormentas y huracanes.
- La mayoría de los estudios delimitan escenarios con aumentos de 4% a 12% en la intensidad de huracanes. Para el análisis de costos se sugiere considerar un aumento de intensidad de 5% como límite inferior y 10% como límite superior.

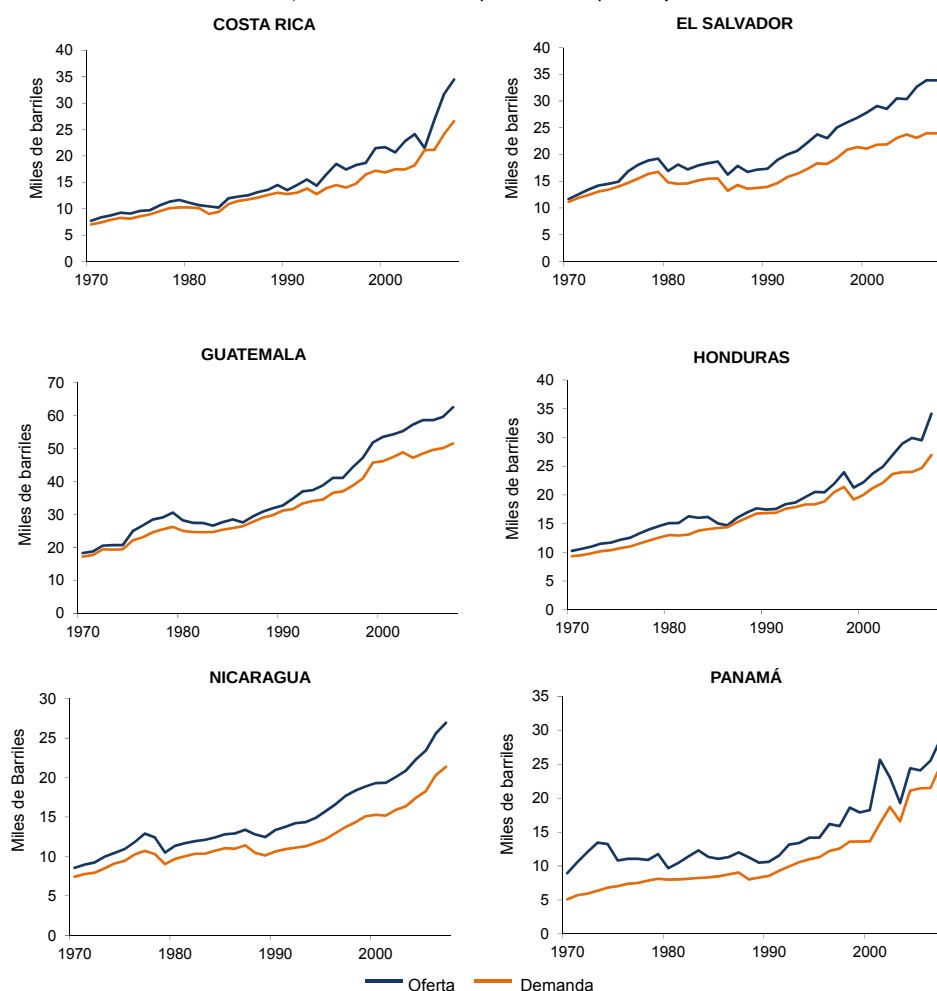
Es importante destacar que las evaluaciones de impactos y costos de los eventos extremos en la región se han enfocado en los eventos mayores. No obstante, sólo 9% de los eventos registrados en Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Panamá han sido de gran magnitud. Han sido más frecuentes los impactos por eventos de mediana y pequeña magnitud, como las inundaciones y los deslizamientos. En Costa Rica y El Salvador tres cuartas partes de la mortalidad y casi 60% de las personas afectadas están asociadas a eventos de pequeña y mediana magnitud. Este tipo de desastres se extiende rápidamente hacia otras zonas geográficas y con recurrencia mayor, especialmente en los últimos 10 años. En consecuencia, adquieren cada vez mayor relevancia y contribuyen más a los niveles de riesgo globales.

Los eventos extremos tienen severos impactos sobre las economías y las sociedades centroamericanas. La determinación de su impacto real, incluyendo costos directos e indirectos y procesos de larga duración, requiere mayor análisis de largo plazo y sobre situaciones locales. Por ello es necesario contar con mejor información y capacidad de pronóstico a escalas regional y local y diagnósticos precisos de vulnerabilidad para formular valoraciones dinámicas del riesgo. Los retos históricos de la reducción de riesgo son más vigentes que nunca: degradación ambiental por actividades económicas, apropiación inadecuada del territorio, pobreza y desigualdad, carencia de infraestructura adecuada, limitada respuesta institucional de los sectores público y privado, y muchos otros tópicos de los procesos del desarrollo. Adaptarse al cambio climático implica revertir las condiciones de vulnerabilidad y el factor social como contribuyente de las llamadas amenazas siconaturales.

VIII. ENERGÍA

La energía es la materia prima fundamental de las economías. La oferta y la demanda de energía en Centroamérica muestran tendencias de expansión desde 1970 (véase el gráfico 8.1). La oferta primaria alcanzó 142,5 millones de barriles de petróleo equivalente (Mbep). La biomasa continúa siendo la principal fuente de energía primaria con 62,4%, seguida de las fuentes hidráulicas y geotérmicas (electricidad primaria) con 22,4%, hidrocarburos 11,8%, carbón mineral 2% y otros 1,3% (véase el gráfico 8.2).

GRÁFICO 8.1
CENTROAMÉRICA: OFERTA-DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA (1970–2007)
(En miles de barriles equivalentes de petróleo)

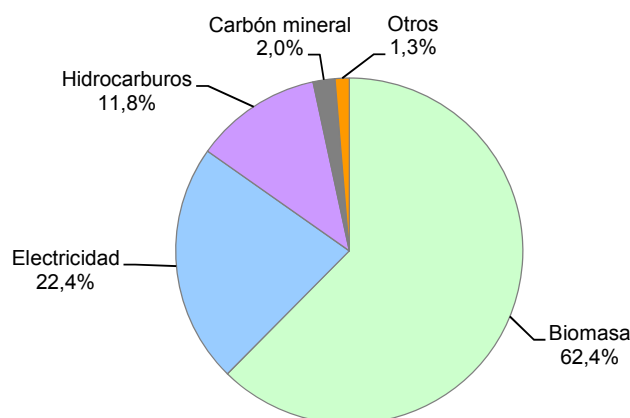


Fuente: Estadísticas CEPAL, Series históricas (1970–2007), balances de energía de la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE) y elaboración propia. Datos para Belice no disponibles.

Para 2007 se estimaba que alrededor de 19 millones de personas, 50% de la población, seguía dependiendo de residuos de biomasa (principalmente leña) para satisfacer sus necesidades energéticas básicas. El 86% de la población dependiente de la leña se ubica en Guatemala, Honduras y Nicaragua, donde vive la mayor porción de gente en pobreza y pobreza extrema (CEPAL, 2009b y 2008a).

La mayor proporción de la energía moderna o comercial corresponde a petróleo y sus derivados; el carbón mineral representa una fracción muy pequeña, aunque su uso crece. Sólo Belice y Guatemala cuentan con una pequeña producción interna de petróleo, la cual se exporta casi en su totalidad. La región es importadora neta de hidrocarburos. Alrededor de 81% de combustibles provenientes del petróleo se emplea como consumo final en la industria, el transporte y el uso doméstico; 20% se utiliza para generar electricidad (véase el cuadro 8.1). La fuerte dependencia de los hidrocarburos expone a la región al impacto por alzas de precios internacionales de petróleo e impone presiones especiales al sector energético porque diferentes grupos de consumidores exigen a las autoridades medidas para evitar o amortiguar las alzas en el precio de los energéticos y en las tarifas de los servicios más afectados (transporte público y servicios eléctricos).

GRÁFICO 8.2
CENTROAMÉRICA: ENERGÍA PRIMARIA 2008
(142,5 millones de barriles equivalentes de petróleo)



Fuente: SIEE OLADE y estimaciones CEPAL sobre la base de cifras oficiales.

CUADRO 8.1
CENTROAMÉRICA: CONSUMO FINAL ENERGÉTICO 2008
(En miles de barriles equivalentes de petróleo)

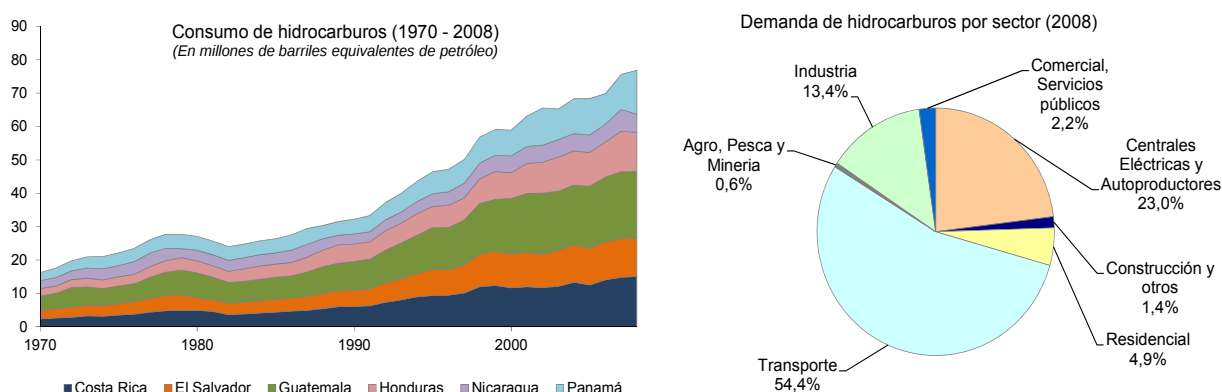
Sector de consumo	2008	%
Transporte	53 260,3	29,1
Industria	31 728,4	17,3
Residencial	82 291,9	45,0
Comercial, servicios públicos	11 900,9	6,5
Agropecuaria, pesca, minería	951,9	0,5
Construcción, otros	1 475,4	0,8
Consumo energético	181 608,7	99,3
No energético	1 323,76	0,7
Consumo final	182 932,4	100,0

Fuente: Sistema de Información Económica Energética (SIEE) OLADE y estimaciones de la CEPAL sobre la base de cifras oficiales.

SUBSECTOR HIDROCARBUROS

Entre 1970 y 2008, el consumo final de hidrocarburos en la región (sin incluir su uso en la generación eléctrica) se ha incrementado a una tasa anual promedio de 4% al pasar de 16,2 Mbep a 79,5 Mbep, cifra superior al crecimiento promedio de la economía y de la demanda total de energía. (CEPAL, 2009c). Los tres sectores dominantes son el transporte que consume 54%, las centrales eléctricas y autoproducción con 23% y la industria con 13% del consumo. La distribución del consumo por energético corresponde en primer lugar al diesel 67,3%, seguido del *fuel oil* 17,1%, kerosenes 6,2%, gasolinas 5,4% y gas licuado 3,9% (véase el gráfico 8.3).

GRÁFICO 8.3
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DEL CONSUMO Y DEMANDA POR SECTOR DE HIDROCARBUROS



Fuente: Estadísticas CEPAL, Series históricas (1970-2007).

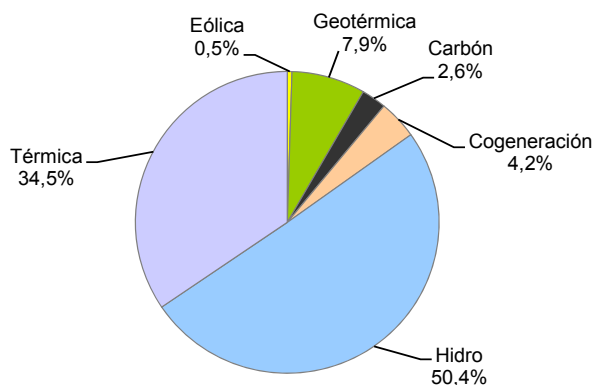
Nota: El gráfico de consumo de hidrocarburos no incluye los derivados del petróleo utilizados para la producción de electricidad.

SUBSECTOR ELÉCTRICO

Durante el período 1970-2007, el consumo de energía eléctrica creció 6% y el PIB 3,5% en promedio anual. El 46% de la capacidad instalada total corresponde a las plantas térmicas a base de combustibles fósiles y 54% a fuentes renovables, de las cuales 42% corresponde a centrales hidroeléctricas, 5% a plantas geotérmicas, 7% a centrales de cogeneración (bagazo de caña) y menos de 1% a centrales eólicas. La generación eléctrica con fuentes renovables superó a la que utiliza hidrocarburos con 63%, de la cual la generación hidráulica fue 50%, la geotérmica 8%, el bagazo de caña (cogeneración) 4% y la eólica menos de 1%.

De la generación con combustibles fósiles 93% fue con hidrocarburos y 7% con carbón mineral. En Costa Rica 93% de la generación eléctrica es con fuentes renovables, en El Salvador y Panamá es 63%, y en Guatemala y Belice es 60%, contrario a Honduras y Nicaragua, que sólo generan con renovables 37% y 35% de la generación total (véase el gráfico 8.4).

GRÁFICO 8.4
CENTROAMÉRICA: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR TIPO DE FUENTE, 2008
 (39 651,9 GigaWatts hora [GWh])



Fuente: Estadísticas del subsector eléctrico y estimaciones de la CEPAL sobre la base de cifras oficiales.

La cobertura eléctrica fue de aproximadamente 82% de la población de la región, variando entre países de la siguiente forma: Costa Rica 99%, Belice 90%, Panamá 89%, El Salvador 86%, Guatemala 84%, Honduras 77% y Nicaragua 65%. Las pérdidas en los sistemas de transmisión y distribución (técnicas y no técnicas) en promedio son de 16%, variando entre Nicaragua con 27,3%, Honduras 23,5%, Guatemala 17,1%, Belice 13%, El Salvador 12,8%, Panamá 11,8% y Costa Rica 10,6%.

INDICADORES DE CONSUMO DE ENERGÍA

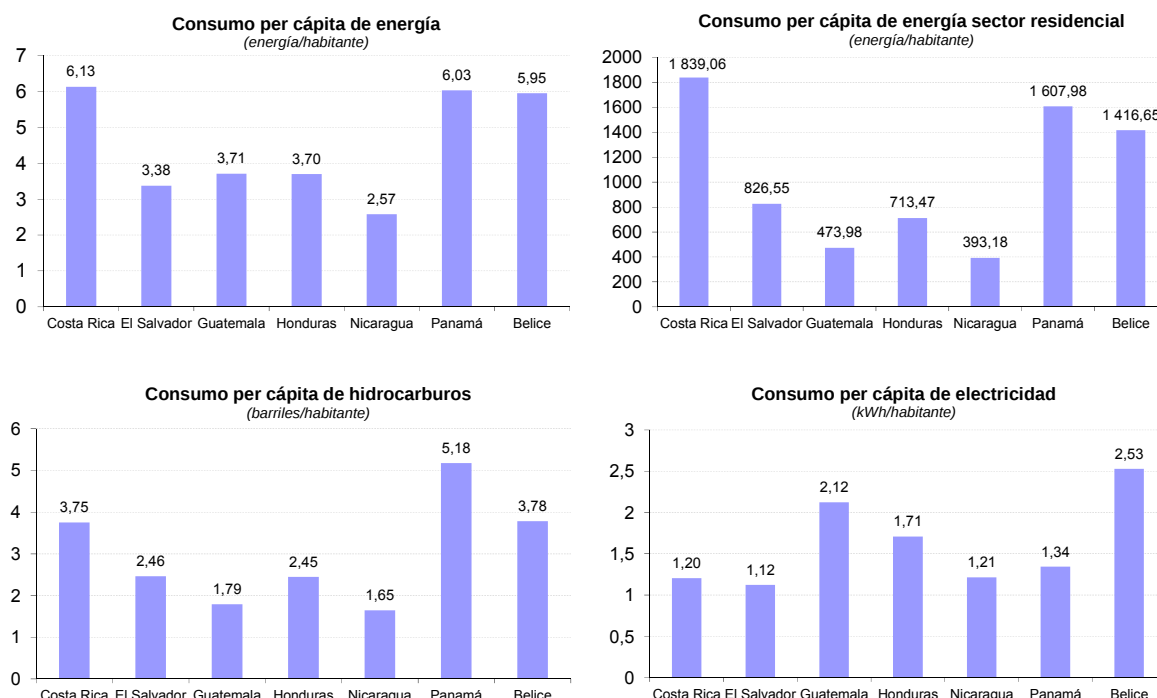
El consumo de energía per cápita en la región fue de 4 bep/habitante en promedio. Costa Rica, Panamá y Belice registraron los mayores consumos con 6 bep/habitante en promedio. El Salvador, Guatemala, Honduras y Nicaragua consumen alrededor de la mitad del primer grupo. El consumo per cápita residencial promedio fue de 1,6 bep/habitante, el mayor valor fue el de Belice y el menor de El Salvador. El consumo per cápita de hidrocarburos y de electricidad fue de 2,5 barriles/habitante y 810 kilo Watt hora (kWh)/habitante. El mayor consumo per cápita de hidrocarburos fue el de Panamá, que duplica el promedio regional. En electricidad, Costa Rica, Panamá y Belice duplican el promedio regional (véase el gráfico 8.5).

La intensidad energética del PIB¹⁶ de los países fue de 1,85 bep por dólar del PIB en 2008. Panamá registró la menor intensidad energética (1,07) y Nicaragua la mayor (3,95), seguidos por Guatemala y Honduras (2,77 y 2,54). Las cifras de los otros países son: Belice 1,46, El Salvador 1,30, Costa Rica 1,19. Las cifras más bajas corresponden a los países con menor utilización de energías tradicionales (biomasa). Debido al alto consumo de leña, las emisiones GEI del sector energético son dominadas por el sector residencial con 47% (CEPAL, 2007, con estimaciones para 2005). Respecto a las emisiones de CO₂e asociadas al uso de combustibles fósiles solamente, en 2007 el transporte fue el principal emisor, con 46%, seguido de la generación eléctrica con 24% y la industria con 20%.¹⁷

¹⁶La intensidad energética está expresada en miles de barriles equivalente de petróleo por millón de dólares del PIB (a precios constantes del 2000).

¹⁷Según el informe de estadísticas energéticas 2007 de la OLADE.

GRÁFICO 8.5
CENTROAMÉRICA: INDICADORES DE CONSUMO DE ENERGÍA PER CÁPITA, 2008
 (En Bep, kWh y barriles de petróleo por habitante)



Fuente: SIEE OLADE, Estadísticas de los subsectores hidrocarburos y eléctrico y estimaciones de la CEPAL sobre la base de cifras oficiales, datos a 2008.

ESCENARIO BASE SOBRE LA DEMANDA DE ENERGÍA 2008-2100

El escenario base se construyó con base en las prospectivas energéticas nacionales y regionales para 2010-2023 del Consejo de Electrificación de América Central (CEAC), que evalúa periódicamente la planificación indicativa regional. Para los otros subsectores se han utilizado los estudios prospectivos de la Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020, EESCA 2020, aprobada a finales de 2007. Para el período 2024-2100 se asumieron los siguientes supuestos: los países continuarán desarrollando sus recursos renovables hasta llegar a alrededor del 50% de su potencial hidroeléctrico y al 90% de su potencial geotérmico en el año 2100 (de acuerdo con las cifras oficiales de cada país). En energía eólica también se ha tomado una posición conservadora, pero congruente con las tendencias e interés actual por su desarrollo. La energía solar y la de biocombustibles no fueron consideradas en el escenario base.

Para cada país se diseñó una matriz energética que registra los flujos de energía desde los sectores de consumo, pasando por los centros de transformación, hasta los centros de producción y/o importación y transporte de los energéticos, considerando los ajustes por pérdidas. Se ha aplicado una modelación *bottom-up* de acuerdo con la filosofía del *software* LEAP (*Long Range Energy Alternatives Planning System*). La demanda de energía se modela con un sistema de ecuaciones que dependen de las variables conducentes (*drivers*) del sistema económico. Se incluyeron los sectores de consumo residencial (familias), comercial, industrial, transporte y otros. El del sector residencial fue dividido en viviendas urbanas y rurales, con dos subgrupos (viviendas con electricidad y sin electricidad) y se modelaron los usos finales (iluminación, cocción de alimentos, refrigeración y otros), utilizando la información de los balances energéticos y los resultados de algunas encuestas.

En todos los casos se ha supuesto una reducción conservadora de la intensidad energética, considerando la historia reciente del consumo de derivados del petróleo y las elasticidades del período 1980–2006. Esta reducción estimada será resultado de mejoras en los procesos, introducción de nuevas tecnologías en respuesta a la demanda ante precios crecientes de los hidrocarburos y de la urbanización, con una mayor utilización de energéticos modernos y la consecuente sustitución de la leña. En el escenario base se considera un crecimiento del PIB regional de 3,2% anual en el período 2010–2100. El cuadro 8.2 muestra un resumen por subperíodos de las tasas anuales de crecimiento del consumo de energía en la región y en cada país. A nivel de países el crecimiento del PIB está en el rango de 3,1% a 3,6%. El crecimiento de la demanda de energía está en el rango de 1,4% a 2,6%.

CUADRO 8.2
CENTROAMÉRICA: TASAS DE CRECIMIENTO DE LA DEMANDA DE ENERGÍA,
ESCENARIO BASE 2010 A 2100
(En porcentajes)

País	2010–2025	2025–2050	2050–2075	2075–2100	2010–2100
Costa Rica	2,8	2,5	2,1	1,3	2,1
El Salvador	1,6	2,4	2,0	1,2	1,8
Guatemala	0,5	1,8	1,7	1,1	1,4
Honduras	2,7	2,0	1,7	1,1	1,8
Nicaragua	1,6	2,1	2,0	1,3	1,8
Panamá	3,2	2,9	2,6	1,8	2,5
Belice	4,9	2,5	2,3	1,7	2,6
Promedio Centroamérica	2,5	2,3	2,0	1,4	2,0

Fuente: Estadísticas CEPAL, estimaciones sobre la base de cifras oficiales.

El cuadro 8.3 muestra la evolución de la demanda de energía en el período 2010–2100, considerando los países, la desagregación de los principales sectores de consumo, los combustibles fósiles y su desagregación por sectores y las fuentes renovables. La demanda total de energía aumentaría aproximadamente cinco veces en 2100, a unos 1.103 Mbep. El país con mayor demanda seguiría siendo Guatemala, pero su participación bajaría de 35% a 23%, mientras las de Costa Rica, Belice y Panamá aumentarían. La tendencia de participación sectorial sugiere que transporte, industria y comercio aumentarían significativamente, mientras que el sector residencial se reduciría. Al final del siglo, el transporte absorbería 48% del total, la industria 30%, el sector residencial 11% y el sector comercial 10%.

CUADRO 8.3
CENTROAMÉRICA: DEMANDA TOTAL DE ENERGÍA, PARTICIPACIÓN POR PAÍSES, SECTORES,
COMBUSTIBLES FÓSILES Y FUENTES RENOVABLES
(En millones de BEP y en porcentajes)

	2010	2025	2050	2075	2100
Demanda total (Mbep)	215,0	282,8	489,3	794,6	1.103,0
Demanda por país (En porcentajes)					
Costa Rica	13,7	15,8	17,1	17,5	17,4
El Salvador	13,3	13,0	13,4	13,6	13,3
Guatemala	35,2	28,9	26,1	24,4	23,1
Honduras	16,8	19,0	17,9	16,6	15,9
Nicaragua	9,7	9,3	9,1	9,1	9,1
Panamá	10,4	12,6	14,8	17,1	19,4
Belice	0,9	1,4	1,5	1,6	1,8

(Continúa)

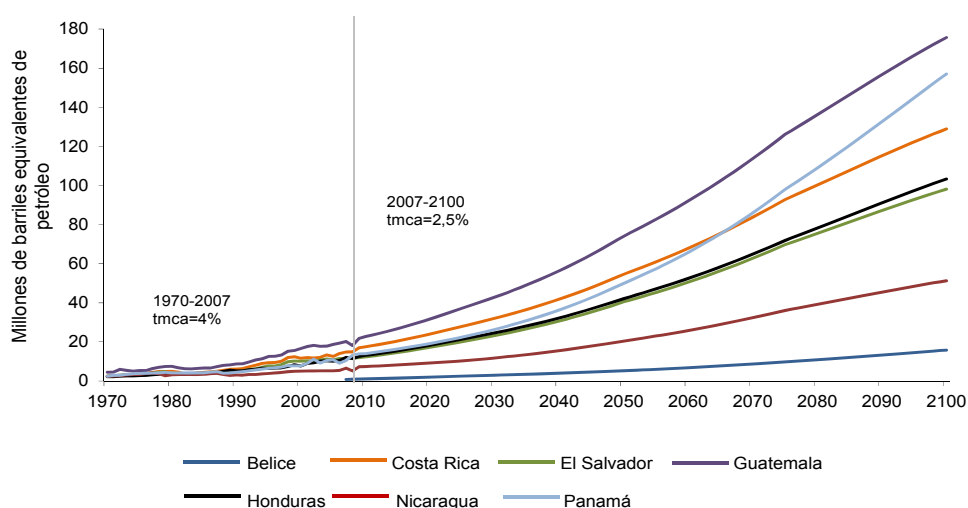
CUADRO 8.3 (conclusión)

Demanda por sector (En porcentajes)					
Transporte	28,9	35,4	41,8	45,8	47,9
Industria	17,4	22,0	25,9	28,3	29,8
Residencial	47,0	34,6	22,8	15,3	11,1
Comercial	5,8	7,0	8,5	9,4	10,0
Otros	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2
Demanda de hidrocarburos y otros combustibles fósiles					
Demanda total	50,4	59,9	72,5	79,5	84,7
En porcentajes del total de la demanda					
En Mbep	108,4	169,3	354,6	631,5	934,1
Demanda sectorial (%)					
Residencial	4,4	4,1	2,9	1,8	1,2
Industrial	16,1	17,5	17,1	17,1	17,0
Comercial	2,5	2,4	2,5	2,6	2,5
Transporte	57,3	59,1	57,6	57,5	56,5
Agropecuario	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Eléctrico	18,8	16,0	19,0	20,1	21,8
Demanda final de otros energéticos (biomasa y otras fuentes renovables)					
En porcentajes del total de la demanda	49,6	40,1	27,5	20,5	15,3

Fuente: CEPAL sobre la base de cifras oficiales y resultados de la modelación con LEAP.

De la demanda total de energía en 2100, 934,2 Mbep corresponderá a hidrocarburos y otros combustibles fósiles, aumentando su participación de 50% en 2010 a 85% en 2100. De estas fuentes, 57% será utilizado por el transporte y 22% por la generación eléctrica. Las tasas promedio de crecimiento anual de la demanda de hidrocarburos son de 3,6% en Belice, 2,9% en Panamá, 2,6% en Costa Rica, 2,4% en El Salvador y Guatemala, 2,2% en Honduras y 2% en Nicaragua (véase el gráfico 8.6).

GRÁFICO 8.6
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE DEMANDA DE HIDROCARBUROS CON ESCENARIO BASE, 1970-2100
 (En millones de barriles equivalentes de petróleo)



Fuente: Cifras oficiales de los países, estadísticas de las bases de datos de la CEPAL y estimaciones a partir de la modelación con LEAP.

El escenario base supone que la demanda regional de energía eléctrica crecerá a una tasa de 2,5% anual, variando entre países con 1,9% en Costa Rica, Nicaragua 2,1%, El Salvador 2,2%, Panamá 2,5%, Belice, 2,6%, Guatemala 2,7% y Honduras 2,8. En total, la demanda crecerá diez veces, de 32.366 GWh en

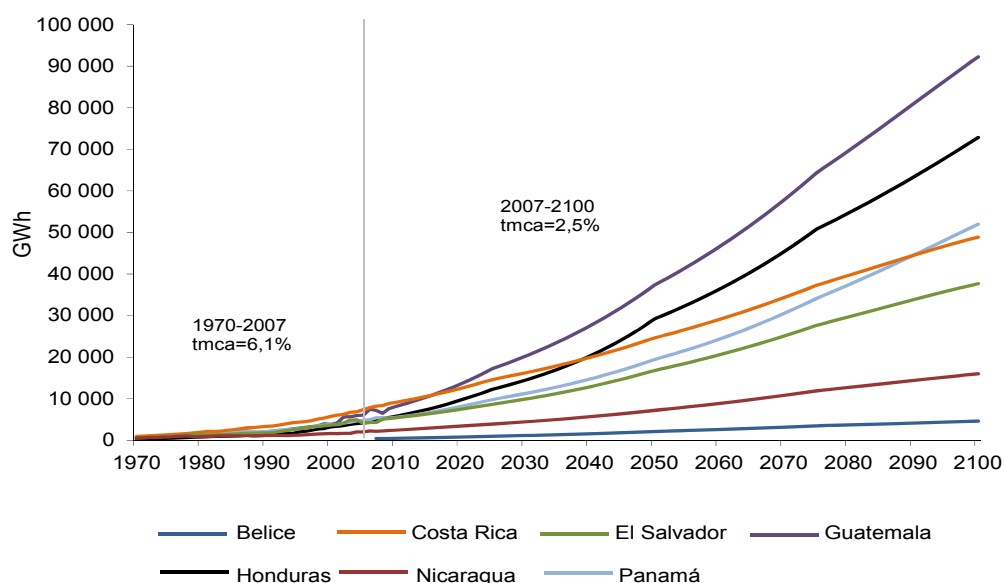
2007 a 324.159 GWh en 2100. Históricamente Costa Rica ha sido el principal consumidor de energía eléctrica, pero durante este siglo será sobrepasado consecutivamente por Guatemala, Honduras y Panamá (véanse el cuadro 8.4 y el gráfico 8.7).

CUADRO 8.4
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE DEMANDA DE ELECTRICIDAD CON ESCENARIO BASE, 2007 A 2100
(En GWh)

País	2010	2025	2050	2075	2100
Costa Rica	9 102	14 658	24 622	37 274	48 880
El Salvador	5 420	8 659	16 794	27 633	37 662
Guatemala	8 097	17 261	37 311	64 307	92 235
Honduras	5 788	12 275	29 186	50 738	72 838
Nicaragua	2 404	3 896	7 215	11 896	15 981
Panamá	5 478	9 849	19 452	34 132	51 967
Belice	465	976	2 123	3 465	4 596
Centroamérica	36 754	67 574	136 703	229 445	324 159

Fuente: Estadísticas del subsector eléctrico, estimaciones de la CEPAL sobre la base de cifras oficiales y el modelo LEAP.

GRÁFICO 8.7
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE DEMANDA DE ELECTRICIDAD CON ESCENARIO BASE, 1970 A 2100
(En GWh)



Fuente: Estadísticas del subsector eléctrico, estimaciones de la CEPAL sobre la base de cifras oficiales y el modelo LEAP (Nota: tasa media de crecimiento anual (tmca)).

Al final del período la estructura del mercado será diferente a la actual. El sector residencial, principal consumidor de energía eléctrica, pasará al tercer sitio (de 36% en 2007 a 31% en 2100), siendo reemplazado por el sector industrial (de 30% a 34%) y por el sector comercial (de 29% a 34%) (véase el cuadro 8.5). Mientras tanto, se estima que la oferta total de energía eléctrica en la región llegará a 350.863 GWh en 2100, de los cuales 374 GWh serán importados por Belice de países externos a la región. La generación eléctrica será de 350.489 GWh. El país con mayor disponibilidad de energía eléctrica será Guatemala con 29,7%, seguido por Honduras 20,9%, Panamá 16,8%, Costa Rica 15,2%, El Salvador 11%, Nicaragua 5,2% y Belice 1,3% (véase el cuadro 8.6).

CUADRO 8.5
CENTROAMÉRICA: DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA POR SECTOR, ESCENARIO BASE EN 2100
 (En GWh)

Sector	Total	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Belice
Total	324 159	48 880	37 662	92 235	72 838	15 981	51 967	4 596
Residencial	99 539	7 932	5 417	24 077	45 462	3 921	10 233	2 497
Comercial	108 911	20 810	10 311	25 355	9 837	5 512	35 721	1 365
Industrial	110 717	18 961	21 797	42 387	15 158	5 947	5 753	714
Otros	4 992	1 177	137	416	2 381	601	260	20

Fuente: Estimaciones CEPAL sobre la base del modelo LEAP.

CUADRO 8.6
CENTROAMÉRICA: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA CON ESCENARIO BASE EN 2100, POR FUENTES
 (En miles de GWh)

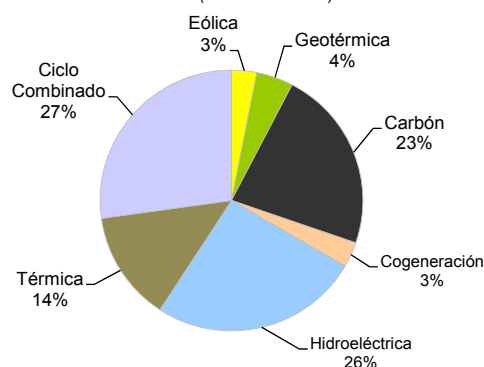
País	Total	Hidro	Geo	Vapor	Diesel	Gas	Ciclo combinado	Carbón	Cogeneración	Eólica
Costa Rica	53,3	15,2	2,2	0,7	2,4	1,7	26,5		0,1	4,4
El Salvador	38,5	6,4	2,8	1,0	2,2	0,6	13,4	5,2	6,1	0,9
Guatemala	104,2	12,7	5,2	6,8	15,8	1,5		57,3	3,7	1,3
Honduras	73,4	38,1	0,5	0,7	4,6	0,9	13,0	13,8	0,4	1,3
Nicaragua	18,1	4,1	5,3	1,0	0,7	0,2	3,6	1,6	0,4	1,3
Panamá	58,8	11,7		1,1	2,9	1,4	38,8	1,6		1,3
Belice	4,2	2,2		1,4					0,3	0,3
Centroamérica	350,5	90,3	15,9	12,8	28,5	6,4	95,3	79,4	11,0	10,8

Fuente: Estimaciones de la CEPAL, sobre la base del modelo LEAP.

Nota: Vapor representa las termoeléctricas convencionales que funcionan con fuel, igual que los grupos electrógenos ciclo diesel. Los ciclos combinados (CC) operan con gas natural, las turbinas de gas (Gas) con diesel y la cogeneración con residuos biomásicos.

En 2100 la producción de energía eléctrica con fuentes renovables habrá sido desplazada por los combustibles fósiles, llegando éstos a 64% de la generación regional relativo al 37% en 2008 (véase el gráfico 8.8). En relación con la situación de 2008 (véase el gráfico 8.4), la hidroeléctrica bajaría de 50% a 26% en 2100, la térmica de 35% a 14%, la geotérmica de 8% a 5% y la cogeneración de 4% a 3%. Las fuentes que crecerían serían carbón, de 3% a 23%, ciclo combinado a base de gas natural de menos de 1% a 27%, y la eólica de menos de 1% a 3%. La contribución de fuentes renovables bajaría de 63% en 2008 a 36% al final del siglo.

GRÁFICO 8.8
CENTROAMÉRICA: GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, POR TIPO DE TECNOLOGÍA CON ESCENARIO BASE EN 2100
 Total = (350.489 GWh)



Fuente: Estimaciones de CEPAL, sobre la base del modelo LEAP.

Las emisiones de la actividad energética asociadas a este escenario base con los supuestos del modelo LEAP, aumentarán a 429 millones de TCO₂e desde los 50,6 millones estimados en 2007 por la Organización Latinoamericana de Energía OLADE. Desde el punto de vista de la seguridad y eficiencia energéticas, como del acceso a la electricidad y emisiones frente al cambio climático, existen propuestas de esfuerzos superiores a los de este escenario base.

Un referente importante es la “Estrategia energética sustentable centroamericana 2020”, la cual fue aprobada por los Ministros de Energía a finales de 2007 y posteriormente por los Presidentes de SICA. Su propósito es identificar y orientar directivas claras para lograr el desarrollo sustentable del sector. Para delinearla se realizaron estudios prospectivos que consideraron, entre otros factores, las fuentes energéticas disponibles a nivel mundial, los compromisos internacionales de la Cumbre Mundial de Desarrollo Sostenible de Johannesburgo, la sustentabilidad del sector, la situación socioeconómica, el sistema energético existente, las emisiones GEI y el ámbito institucional de la región.

Se diseñaron y analizaron seis escenarios de desarrollo del sector energético centroamericano en el largo plazo. El primero mantiene la tendencia actual de la industria energética centroamericana, mientras que los siguientes cuatro consideran la aplicación creciente de medidas para hacer un uso racional de la energía (disminuir el consumo de leña, usar lámparas, cocinas y motores más eficientes, entre otros) y aumentan la participación de fuentes renovables. El sexto escenario incluye todas las medidas anteriores y da lugar al plan eléctrico de menor valor presente, que resultó ser aquel con la máxima participación de centrales hidroeléctricas.

Si se comparan los dos escenarios extremos, el tendencial y el que incorpora todas las mejoras de uso y provisión de energía, destacan varios impactos positivos del segundo: i) reducir la importación de 28 millones de barriles de derivados del petróleo, 4 millones de toneladas de carbón y 1.300 millones de metros cúbicos de gas natural; ii) disminuir 28 millones de toneladas GEI y otros contaminantes primarios y secundarios; iii) aumentar la cobertura eléctrica para 700.000 viviendas y iv) cumplir los compromisos de Johannesburgo respecto al porcentaje de la oferta de energía primaria generada por fuentes renovables.

La estrategia incluye una estimación de las inversiones correspondientes, entre otras, expansión del sistema de generación eléctrica, cogeneración en ingenios azucareros, expansión de la infraestructura petrolera y de gas natural y medidas de uso racional de energía, producción de biocombustibles y ampliación de la cobertura eléctrica para cumplir los Objetivos del Milenio. La inversión requerida para asegurar el suministro de energía a los países de Centroamérica oscilaría así entre 13.000 y 18.000 millones de dólares (en valores de 2005) para los escenarios extremos, 92% correspondiente a las nuevas centrales de generación eléctrica (CEPAL, 2007 y 2009).

Finalmente, dados los escenarios de precipitación y disponibilidad de agua con el cambio climático, se realiza actualmente un estudio prospectivo sobre el impacto en la producción hidroeléctrica en los ríos Chixoy (Guatemala) y Lempa (El Salvador).

IX. LA VALORIZACIÓN ECONÓMICA DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CENTROAMÉRICA

INTRODUCCIÓN

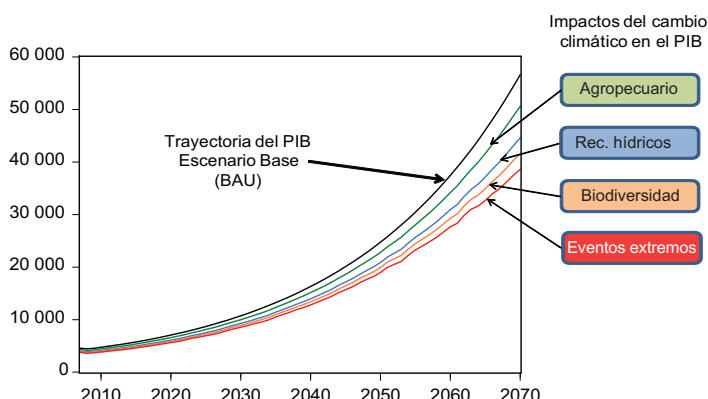
La complejidad de la valorización económica de los costos del cambio climático requiere combinar modelos que simulen los escenarios de clima y de las trayectorias de crecimiento económico de forma consistente en un horizonte de tiempo muy amplio y reconocer un considerable margen de incertidumbre en los resultados y riesgos difíciles de evaluar. Además, es necesario considerar variables, como la pérdida de biodiversidad o la disponibilidad de agua, cuyo valor monetario no puede ser completamente cuantificado desde el punto de vista del mercado.

Las investigaciones sobre la valorización económica del cambio climático han sido objeto de intenso debate (Tol, 2003, 2006; Tol y Yohe, 2009; Kuik, Brander y Tol, 2009; Weitzman, 2007; Stern, 2007; Nordhaus, 2007a y 2007b). Los resultados son muy diversos, debido principalmente al uso de metodologías, proyecciones climáticas y supuestos de las trayectorias de crecimiento económico diferentes y por enfocar distintos sectores, regiones o países. No obstante, los estudios muestran cierto consenso sobre la tendencia ascendente de los costos esperados, ya se les defina como pérdidas de bienestar o como proporción del PIB. También hay consenso en que cuando el cambio tecnológico es incorporado de manera explícita, los costos estimados resultan menores que cuando no es considerado o es considerado exógeno.

La evidencia de que los costos del cambio climático podrían ser más altos que los de reducir las emisiones GEI son argumentos a favor de un acuerdo global. Stern (2007) estima que los costos del impacto en los dos siglos siguientes en un escenario de inacción sería una reducción media del consumo mundial per cápita de 5% como mínimo. La estimación podría llegar a 20% de PIB global si consideramos impactos directos en la salud y el medio ambiente, el efecto de una reducida absorción de CO₂ por los bosques, emisiones de metano por el deshielo del “permafrost” y el impacto sobre poblaciones pobres. En contraste, los costos estimados de un proceso de la mitigación a nivel global se ubicarían en un rango de -2% a 5% del PIB y un promedio de 1% según el mismo estudio.

La metodología del presente estudio se basa en un análisis de sectores y ámbitos prioritarios. Partiendo de los escenarios de crecimiento económico y demográfico tendenciales sin cambio climático, se generan líneas base sobre el crecimiento de los principales sectores y ámbitos de análisis, como el agropecuario. Una vez definida esta trayectoria, se identifican los impactos probables de las variables climáticas de temperatura y precipitación. En una segunda fase, la diferencia entre ambas trayectorias mide los costos asociados por sector. En el caso de los impactos en el sector agropecuario, la respuesta se obtiene en términos de producción y rendimientos frente a los cambios en temperatura y precipitación, la cual se traduce en una nueva trayectoria del PIB agropecuario. La suma de los costos derivados en los sectores y ámbitos se puede asociar a la trayectoria del PIB base, obteniendo una nueva trayectoria del PIB total asociado al cambio climático (véase el gráfico 9.1).

GRÁFICO 9.1
MÉTODO DE ESTIMACIÓN DE LOS IMPACTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO



Fuente: Elaboración propia.

De esta manera, la diferencia entre la trayectoria del escenario base y la que incorpora los impactos del cambio climático permite obtener un valor monetario de los impactos sobre la actividad económica. Desde el punto de vista temporal, hay dos aspectos básicos a considerar: el momento de cada impacto y su duración. El valor total del impacto se traduce en unidades monetarias. La forma de expresarlo es asumir que la diferencia es un flujo en el tiempo que puede ser medido en unidades monetarias de hoy al valor presente neto con una tasa de descuento, y que su proporción respecto al PIB es el costo del cambio climático.

Un aspecto controvertido es la aplicación del concepto de *valor presente neto* (VPN) con una *tasa de descuento* que se aplica al valor total del impacto expresado en unidades monetarias en términos porcentuales del PIB de un año de referencia. Este porcentaje representa el costo de no actuar ante el riesgo percibido y la tasa de descuento refleja el porcentaje en que una unidad de beneficios presentes es más valiosa que esa misma unidad en un período posterior. En cierto sentido pondera la importancia que asignamos al futuro.

En los estudios sobre cambio climático la tasa de descuento tiene una función diferente a su utilización normal. Cuando el cálculo se basa en la rentabilidad financiera, la tasa de descuento debe ser igual al tipo de interés real. Aplicar este criterio a la evaluación económica de los impactos del cambio climático implicaría que los impactos futuros perderían valor al ser trasladados al presente, es decir, al ser expresados en unidades monetarias corrientes. Como es obvio, este criterio no puede aplicarse a externalidades de largo plazo, como es el cambio climático. En tal caso será necesario emplear una tasa social de descuento que refleje las decisiones éticas de la sociedad sobre sus alternativas de consumo presente y futuro, así como su responsabilidad con las generaciones futuras.

Así, la elección de determinada tasa de descuento debe ser acompañada de la justificación económica y ser adecuada para el análisis. Diversos autores sostienen que una tasa de descuento apropiada para evaluar las condiciones de un desarrollo sustentable a mediano y largo plazos es distinta de la que se utiliza para evaluar proyectos comerciales de corto plazo. La elección de la tasa de descuento no es exclusivamente una decisión técnica, pues involucra una opción ética. Así, el proyecto "La economía del cambio climático en Centroamérica" presenta los costos como VPN a tasas de descuento de 0,5%, 2%, 4%, y 8%, según la recomendación del Comité Técnico Regional y la red de proyectos de la economía del cambio climático de América Latina y el Caribe y a nivel global, donde participa el equipo del Reporte Stern.

Es importante subrayar que las estimaciones de costos presentadas en este apartado son indicativas y preliminares. La construcción de escenarios a un plazo de 90 años es obviamente una tarea compleja con un alto grado de incertidumbre que, en todo caso, sólo puede sugerir trayectorias posibles. No obstante, es posible identificar varias tendencias importantes.

SECTOR AGROPECUARIO

Con base en las funciones de producción del sector agrícola, se calcula el costo del impacto de un aumento de la temperatura y cambios de la precipitación, asumiendo que existe un valor máximo de rendimiento/producción asociado a niveles óptimos de las variables climáticas, así que una modificación que se aleja de este nivel óptimo implica una disminución en rendimiento/producción. Con este enfoque se analizan los costos de los índices de producción agrícola con precios del año 2000, con referencia a los escenarios B2 y A2, con el promedio de los modelos ECHAM5, GDFL2.0 y HADCM3/HADGEM (véanse los cuadros 9.1 y 9.2). Si bien esta metodología se utiliza ampliamente en la producción de cultivos, existen reservas sobre su aplicación en el caso pecuario, toda vez que no existe evidencia sólida de una asociación medible entre las variables climáticas y la producción pecuaria. En el modelaje utilizado se pudo establecer una significancia estadística con temperatura, no así con precipitación. Por estas razones se ha procedido a utilizar los costos por el sector agrícola en el estimado inicial de costos acumulados. No obstante, considerando la importancia del sector pecuario, se presentan más adelante los estimados de los costos en los índices agropecuarios.

CUADRO 9.1
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO B2) EN EL SECTOR AGRÍCOLA A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Año	Tasa de descuento			
	0,50%	2,0%	4,0%	8,0%
2020	0,24	0,22	0,19	0,14
2030	1,60	1,31	1,01	0,61
2050	3,00	2,15	1,45	0,74
2070	5,17	3,13	1,79	0,79
2100	7,30	3,80	1,94	0,80

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.2
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO A2) EN EL SECTOR AGRÍCOLA A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Año	Tasa de descuento			
	0,50%	2,0%	4,0%	8,0%
2020	1,28	1,20	1,11	0,97
2030	2,48	2,11	1,75	1,22
2050	3,70	2,86	2,14	1,41
2070	5,18	3,53	2,39	1,45
2100	11,13	5,40	2,80	1,47

Fuente: Elaboración propia.

En el caso de la producción agrícola los valores son agregados para toda la región, así que pueden resultar diferencias importantes por país y algunos tendrán mayores ventajas que otros. La diferencia entre el nivel actual de producción y el nivel probable con cambios en temperatura y precipitación a lo largo del presente siglo representan los flujos de costos expresados en valor

presente a distintas tasas de descuento. El resultado se expresa como proporción del PIB total de Centroamérica en 2008. Los costos del sector agrícola a una tasa de descuento del 0,5%, se mantienen relativamente bajos la primera mitad del siglo XXI, con valores menores al 4% promedio del PIB regional en ambos escenarios. No obstante, a partir de 2050 se incrementan de forma acelerada. En el escenario B2 pasarían a un equivalente de 7% del PIB de 2008 en 2100; en A2 podrían llegar a 11% del PIB de 2008, es decir, los costos en la segunda mitad del siglo serían mayores en A2. Considerando la relación con otros sectores, los efectos indirectos en la producción de alimentos, en el sector de manufacturas y en la importación de productos agropecuarios significarían un aumento de costos considerable para la región.

Los cuadros 9.3 y 9.4 presentan los costos asociados para el agregado del sector agropecuario a nivel regional (incluyendo el sector pecuario, que representa poco menos de la mitad del valor estimado).

CUADRO 9.3
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO B2) EN EL SECTOR AGROPECUARIO A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Año	Tasa de descuento			
	0,50%	2,0%	4,0%	8,0%
2020	0,30	0,26	0,21	0,12
2030	2,16	1,75	1,32	0,76
2050	4,73	3,32	2,15	1,01
2070	8,92	5,21	2,83	1,11
2100	13,70	6,73	3,18	1,13

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.4
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO A2) EN EL SECTOR AGROPECUARIO A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Año	Tasa de descuento			
	0,50%	2,0%	4,0%	8,0%
2020	1,84	1,72	1,59	1,38
2030	3,45	2,94	2,44	1,81
2050	5,36	4,12	3,07	2,00
2070	8,50	5,55	3,58	2,07
2100	18,53	8,70	4,29	2,11

Fuente: Elaboración propia.

RECURSOS HÍDRICOS

Los costos del sector hídrico miden la cantidad de recursos que deberán invertirse para garantizar el abastecimiento de agua para consumo de los sectores municipal (consumo humano directo) y agropecuario, a consecuencia de un aumento en la temperatura y cambios en la precipitación, que repercuten en una menor disponibilidad renovable. La estimación de los costos considera la diferencia entre las demandas del recurso hídrico en un escenario base y dos escenarios de cambio climático, A2 y B2, además de los cambios en disponibilidad generados por estos dos escenarios. Es importante señalar que no se dispone de información detallada sobre tarifas a nivel país y por sector, así que la estimación de costos asume ciertos supuestos sobre la evolución de esta variable, que es indispensable para aproximar el valor monetario de los impactos. Los cuadros 9.5 y 9.6 presentan los resultados para los escenarios de emisiones globales B2 y A2 con el promedio de los modelos ECHAM5, GDFL2.0 y HADCM3/HADGEM para la región.

El costo acumulado estimado para Centroamérica en B2 sería equivalente a 5,4% del PIB de 2008; en A2 sería equivalente a 9,8%, casi el doble, a una tasa de descuento de 0,5%. Los países con mayores costos estimados serían El Salvador y Belice, seguidos por Nicaragua, Honduras y Guatemala en B2, y El Salvador, Nicaragua, Belice y Honduras en A2. A una tasa de descuento de 0,5%, los costos se mantienen relativamente bajos hasta el 2030 en ambos escenarios, pero comienzan a subir a partir de 2070.

Los países en situación de mayor riesgo serían el Salvador, Nicaragua y Guatemala. En un segundo nivel de riesgo estarían Costa Rica y, en menor medida, Honduras. El riesgo menor es el de Panamá porque no se espera un impacto muy grande en la precipitación media anual, de modo que sus costos serán los más bajos. Es importante observar que los costos estimados dependen de los supuestos asumidos en el ejercicio. En el caso de Belice, la gran proporción de agua dedicada al consumo municipal y su tarifa, la más alta de la región, generan costos mayores. Mejoras futuras de estas estimaciones exigirán un análisis más detallado de disponibilidad y de los supuestos sobre las tarifas.

CUADRO 9.5
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO B2) EN LOS RECURSOS HÍDRICOS A 2100
(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasas de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
Belice					
0,5 %	1,03	1,64	3,29	5,43	9,14
2 %	0,94	1,40	2,39	3,36	4,53
4 %	0,84	1,15	1,67	2,01	2,28
Costa Rica					
0,5 %	0,17	0,33	0,64	0,97	2,71
2 %	0,16	0,27	0,46	0,61	1,11
4 %	0,14	0,22	0,32	0,37	0,47
El Salvador					
0,5 %	0,28	0,64	1,90	3,99	9,17
2 %	0,25	0,52	1,29	2,23	3,83
4 %	0,22	0,40	0,80	1,14	1,49
Guatemala					
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	1,21	1,40
Honduras					
0,5 %	0,66	1,20	2,63	4,19	6,38
2 %	0,60	1,00	1,87	2,59	3,28
4 %	0,53	0,81	1,27	1,53	1,68
Nicaragua					
0,5 %	1,46	2,33	4,12	5,73	7,83
2 %	1,34	1,99	3,08	3,82	4,48
4 %	1,20	1,65	2,23	2,49	2,64
Panamá					
0,5 %	0,32	0,56	1,21	1,95	3,30
2 %	0,29	0,48	0,87	1,20	1,63
4 %	0,26	0,39	0,60	0,71	0,81
Centroamérica					
0,5 %	0,37	0,73	1,67	2,82	5,43
2 %	0,34	0,61	1,19	1,72	2,53
4 %	0,30	0,50	0,81	1,00	1,18

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El costo comprende el costo de nuevas fuentes, costo x déficit o uso (demanda) y costo por merma ecológica, todos con cambio climático, menos costo x déficit o uso (demanda) y costo por merma ecológica, estos últimos sin cambio climático.

CUADRO 9.6
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO A2) EN LOS RECURSOS HÍDRICOS A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento	2020	2030	2050	2070	2100
Belice					
0,5 %	1,09	1,90	4,22	6,89	12,12
2 %	0,96	1,58	2,99	4,19	5,82
4 %	0,83	1,26	2,00	2,43	2,79
Costa Rica					
0,5 %	0,15	0,27	0,60	1,00	6,31
2 %	0,13	0,22	0,42	0,60	2,15
4 %	0,11	0,18	0,28	0,34	0,66
El Salvador					
0,5 %	0,35	0,74	2,76	5,89	16,22
2 %	0,31	0,60	1,79	3,19	6,37
4 %	0,26	0,46	1,06	1,56	2,25
Guatemala					
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
Honduras					
0,5 %	0,78	1,39	3,09	5,05	9,14
2 %	0,69	1,15	2,18	3,07	4,33
4 %	0,59	0,91	1,45	1,77	2,05
Nicaragua					
0,5 %	1,17	2,14	4,37	6,59	14,28
2 %	1,03	1,77	3,12	4,13	6,46
4 %	0,88	1,40	2,10	2,47	2,97
Panamá					
0,5 %	0,23	0,46	1,10	2,02	3,90
2 %	0,21	0,38	0,76	1,18	1,77
4 %	0,18	0,30	0,50	0,65	0,78
Centroamérica					
0,5 %	0,43	0,81	1,99	3,52	9,80
2 %	0,38	0,67	1,39	2,09	4,02
4 %	0,33	0,54	0,92	1,17	1,59

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El costo comprende el costo de nuevas fuentes, costo x déficit o uso (demanda) y costo x merma ecológica, todos con cambio climático, menos costo x déficit o uso (demanda) y costo x merma ecológica, estos últimos sin cambio climático.

BIODIVERSIDAD

Con base en el índice de biodiversidad potencial y la valorización directa e indirecta realizada, se prepararon estimaciones de costos en función del cambio que el índice presentaría con los escenarios B2 y A2 en relación al escenario base, utilizando los modelos HADCM3 y HADGEM, respectivamente, con valores municipales. Se estimaron los costos acumulados al 2100 a valor presente neto del PIB de 2008 y diferentes tasas de descuento. El índice de biodiversidad potencial, se estimó a nivel departamental/provincial con sus variables de superficie total, superficie con ecosistemas diferentes de los urbanos y agropecuarios, latitud, curvas de nivel, temperatura, precipitación y disponibilidad de agua. En el escenario base se modeló el cambio de uso de suelo estimado para el proyecto.

Los resultados se presentan en el cuadro 9.7. La estimación del costo regional promedio acumulado a 2100 sería equivalente a 12% y 18% del PIB de 2008 en los escenarios B2 y A2, respectivamente, con tasa de descuento de 0,5%. En B2 y una tasa de descuento de 0,5%, el país con

mayores costos es Nicaragua (41%); el país con menores costos es El Salvador (5%). En A2 las cifras varían entre 58% de Nicaragua y 9% de El Salvador. Respecto a los escenarios de cambio climático, los costos serán mayores en A2. Para el caso de Belice la diferencia entre ambos escenarios es de 8% con tasa de descuento de 0,5%. Cabe señalar que estas diferencias son en la misma dirección para todos los países pero de distinta magnitud, debido a los cambios diferenciados de condiciones climáticas que inciden en el índice de biodiversidad potencial. Los costos indirectos en la agricultura, comparados con los directos, son significativamente mayores en todos los casos, manteniendo todas las condiciones constantes (incluyendo la deforestación y cambio de uso de suelo). Por ejemplo, para Belice en B2 y tasa de descuento de 0,5% los costos directos serían equivalentes al 3% del PIB de 2008 y los indirectos al 12%, mientras que en A2 los costos indirectos son equivalentes al 8% y los indirectos al 16%.

CUADRO 9.7
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIOS B2 Y A2) EN LA BIODIVERSIDAD EN 2100, CON COSTOS DIRECTOS E INDIRECTOS
(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

País	Tasa de descuento							
	0,5%		2%		4%		8%	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Costos directos								
Belice	3,14	7,66	1,38	3,41	0,57	1,41	0,17	0,41
Costa Rica	3,14	3,39	0,70	1,43	0,30	0,55	0,10	0,14
El Salvador	0,68	2,10	0,30	0,93	0,12	0,39	0,04	0,12
Guatemala	0,50	2,19	0,22	0,97	0,10	0,41	0,03	0,13
Honduras	0,49	1,43	0,21	0,64	0,09	0,27	0,03	0,08
Nicaragua	4,23	10,73	1,89	4,90	0,82	2,12	0,28	0,68
Panamá	0,57	1,17	0,24	0,47	0,09	0,17	0,03	0,04
Regional	0,95	2,59	0,41	1,14	0,17	0,47	0,06	0,14
Costos indirectos								
Belice	11,94	16,05	4,34	5,74	1,33	1,72	0,23	0,28
Costa Rica	11,94	6,24	1,70	2,21	0,53	0,64	0,09	0,10
El Salvador	4,14	6,77	1,63	2,58	0,58	0,87	0,14	0,19
Guatemala	18,75	28,29	7,24	10,56	2,44	3,40	0,51	0,66
Honduras	10,93	17,82	4,09	6,55	1,32	2,06	0,26	0,38
Nicaragua	36,63	47,29	13,40	17,17	4,17	5,27	0,76	0,92
Panamá	8,38	10,04	3,02	3,54	0,92	1,04	0,16	0,17
Regional	10,76	15,38	4,05	5,64	1,32	1,77	0,26	0,33
Costos totales								
Belice	15,08	23,71	5,72	9,15	1,90	3,13	0,40	0,70
Costa Rica	15,08	9,64	2,40	3,64	0,84	1,19	0,20	0,24
El Salvador	4,82	8,87	1,92	3,51	0,70	1,25	0,18	0,31
Guatemala	19,25	30,48	7,46	11,53	2,54	3,80	0,54	0,78
Honduras	11,41	19,25	4,30	7,19	1,41	2,33	0,29	0,46
Nicaragua	40,86	58,02	15,29	22,07	4,99	7,38	1,04	1,60
Panamá	8,96	11,21	3,26	4,01	1,01	1,21	0,19	0,21
Regional	11,71	17,97	4,46	6,78	1,49	2,23	0,32	0,46

Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 9.8, con los cortes temporales para la región, se observa que los costos son crecientes, y se aceleran de manera significativa a partir del 2070, cuando el cambio climático sería más intenso. De esta forma, el costo del cambio climático en la biodiversidad de la región al 2050 sería equivalente a 1,6% y 2,3% del PIB de 2008 en B2 y A2, respectivamente, con tasa de descuento de 0,5%. Para el 2100 aumentarían a 11,7 y 18,0%.

CUADRO 9.8
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIOS B2 Y A2) EN LA BIODIVERSIDAD CON AÑOS CORTE HASTA 2100
(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Año	Tasa de descuento							
	0,5%		2%		4%		8%	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
2020	0,10	0,16	0,08	0,14	0,07	0,11	0,05	0,08
2030	0,38	0,55	0,30	0,43	0,22	0,32	0,12	0,19
2050	1,63	2,33	1,05	1,50	0,61	0,87	0,24	0,34
2070	4,02	5,98	2,12	3,13	0,98	1,45	0,29	0,42
2100	11,71	17,97	4,46	6,78	1,49	2,23	0,32	0,46

Fuente: Elaboración propia.

EVENTOS EXTREMOS

Los datos disponibles sobre las consecuencias económicas de los desastres se limitan a los impactos físicos directos o pérdidas de capital fijo y de inventario (Baritto, 2008). Los efectos indirectos y secundarios sobre la actividad económica como cambios de política fiscal, consecuencias de la reasignación de recursos a largo plazo y pérdidas de capital humano son omitidos o subestimados.

Aunque resulta complejo aislar los impactos específicos de los desastres sobre el crecimiento económico a largo plazo, existe cierta evidencia al respecto (Noy, 2009; Dore y Etkin, 2000; Hochrainer, 2009 y Raddatz, 2009; Loayza, 2009). También la hay de impactos sobre la demanda agregada, la función de producción o el gasto público (Albala-Bertrand, 1993; Toya y Skidmore, 2007; Rasmussen, 2004; Hochrainer, 2009). Sin embargo, los efectos observables pueden ser distintos a corto y largo plazo, y dependen del momento del ciclo económico, de la política económica instrumentada después del desastre o del tipo y magnitud del desastre; además, el impacto neto final del desastre depende del nivel de desarrollo de las instituciones, del ingreso per cápita, del nivel de educación de la población, del grado de apertura de la economía y de los tipos de daño al capital (Noy, 2009; Okuyama y Sahin, 2009; Loayza 2009; Toya y Skidmore, 2007 y Markandya y Pedroso-Galínato, 2009). Los impactos son más intensos en países con poblaciones más vulnerables o donde hay concentración de alguna actividad que puede ser afectada por el desastre (Andersen, 2003). La evidencia muestra que los impactos pueden ser más largos (de 3 a 5 años) en países pequeños, donde los desastres afectan a una actividad económica principal (Jaramillo H., 2009) y los sectores más pobres entran en trampas de pobreza (R. López, 2009).

Los patrones regulares observados en la información disponible indican una tendencia ascendente de los costos asociados a los eventos extremos a nivel mundial. Para los dos continentes de las Américas en el período 1991-2005, los desastres de origen hidrometeorológico han costado cerca de 400 mil millones de dólares (EMDAT). En este sentido resulta válido asumir la hipótesis de que los costos están positivamente asociados a la intensidad de eventos extremos. Por lo tanto, este estudio asume que una mayor intensidad, derivada de un aumento de la temperatura superficial de los océanos, se traduce en aumento de los costos. La mayoría de los estudios del sector delimitan escenarios con aumentos de 4% a 12% en la intensidad de huracanes. El presente análisis considera un aumento de 5% como límite inferior y 10% como límite superior.

Con este parámetro se hizo una aproximación del impacto en pérdidas económicas sobre el producto y de su significancia estadística con modelos econométricos, introduciendo una variable para los costos asociados a los eventos extremos climatológicos en una función de producción. Esta especificación se basa en el trabajo de Baritto (2008) con una variante que utiliza la proporción de la

pérdida económica respecto al capital, toda vez que su objetivo es identificar el impacto en la formación de capital de las economías.

La estimación fue hecha con un modelo de datos panel, que considera los registros de costos por inundaciones y tormentas tropicales para los siete países de la región, disponibles en EMDAT, incluyendo las 11 evaluaciones coordinadas por CEPAL, período 1970-2008. El nivel de producto se aproxima por el PIB, el acervo de capital y el empleo de cada país, con los datos generados por los escenarios macroeconómicos del estudio. Debido a limitaciones de algunas series de empleo de los países, la estimación se hizo sólo con capital. Ambas estimaciones resultaron muy cercanas, confirmando su robustez, por lo que se procede a utilizar la de capital. Para este ejercicio se supone un aumento proporcional de costo frente a un aumento de una unidad de intensidad.

Los estimados de los costos podrían ser significativamente más altos si se llegase a determinar una relación entre mayor frecuencia y cambio climático y si se logra incluir estimados de los costos indirectos, que generalmente equivalen a 70% de los costos directos, de acuerdo con información de la CEPAL.

Así es posible hacer un escenario inicial hacia el 2100 sobre los costos de los impactos directos de una mayor intensidad de las tormentas, inundaciones y huracanes en la actividad económica. La estimación del costo acumulado regional sobre un incremento de 5% de la intensidad de estos eventos extremos respecto a la trayectoria de las últimas cuatro décadas sería equivalente a 7,64% del PIB de 2008 con tasa de descuento de 0,5% y a 0,25% del PIB de 2008 con tasa de descuento de 8%. En este caso el incremento fue asignado al escenario B2. Los mayores costos podrían recaer en Belice y Honduras (24% y 21% a tasa de descuento 0,5%), lo cual tendría consecuencias para sus trayectorias de crecimiento de largo plazo. En un segundo grupo se ubican Costa Rica, Guatemala, Panamá, Nicaragua y El Salvador (véase el cuadro 9.9).

CUADRO 9.9
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO ANTE UN AUMENTO DE 5% EN LA
INTENSIDAD DE LAS TORMENTAS Y LOS HURACANES A 2100
(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
0,5%	24,12	10,06	3,45	4,66	20,57	2,98	4,96	7,64
2,0%	9,16	4,13	1,39	1,94	7,98	1,43	2,01	3,09
4,0%	2,94	1,43	0,50	0,73	2,71	0,66	0,73	1,09
8,0%	0,58	0,27	0,12	0,19	0,61	0,24	0,19	0,25

Fuente: Elaboración propia.

Con un incremento de 10% en la intensidad de los eventos extremos respecto a la trayectoria observada en las últimas cuatro décadas, los costos se duplican sobre el escenario anterior, y tendrían un impacto más significativo sobre las trayectorias de crecimiento de largo plazo. El incremento fue asignado al escenario A2. Para Belice y Honduras implican el equivalente a 47% y 40% de su PIB de 2008 a valor presente neto con una tasa de descuento de 0,5%. Estos costos también se duplican para la región centroamericana en conjunto, con valores equivalentes a 14,92% del PIB de 2008 con tasa de descuento de 0,5% y a 0,49% del PIB de 2008 con la tasa de descuento de 8%. Esta medición se refiere al aumento de costos debido al cambio climático, no a los costos totales generados por tales eventos extremos (véase el cuadro 9.10).

CUADRO 9.10
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO ANTE UN AUMENTO DE 10% EN LA
INTENSIDAD DE LAS TORMENTAS Y LOS HURACANES A 2100
(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
0,5%	47,11	19,65	6,73	9,10	40,18	5,81	9,69	14,92
2,0%	17,90	8,06	2,72	3,78	15,59	2,80	9,92	6,03
4,0%	5,75	2,79	0,98	1,42	5,28	1,29	1,44	2,13
8,0%	1,13	0,53	0,23	0,38	1,19	0,47	0,37	0,49

Fuente: Elaboración propia.

Es importante señalar que las estimaciones son sensibles a los datos de la última década por el aumento de la frecuencia e intensidad de los eventos extremos. Además, a falta de información detallada, los costos comprenden eventos relacionados con inundaciones, tormentas y huracanes, por lo que es difícil cuantificar impactos por separado. En algunos países son más frecuentes unos eventos que otros. Honduras y Belice se ubican en regiones altamente expuestas a ambos tipos de eventos.

VALORIZACIÓN ECONÓMICA INICIAL

La valuación económica del cambio climático en Centroamérica se basa en un análisis sectorial o de ámbitos relevantes, que hasta este momento incluyen al sector agrícola, recursos hídricos, biodiversidad e intensidad en inundaciones, huracanes y tormentas. En esta sumatoria de los costos iniciales no se incluyen los asociados al sector pecuario y el consumo de agua del sector industrial por las limitaciones sobre la medición de la relación entre cambio climático y la producción en estos sectores. Es importante reiterar que hay severas limitaciones a la valorización económica de la biodiversidad y aún no se determina la relación entre frecuencia de inundaciones, huracanes y tormentas y el cambio climático. Para estos eventos extremos se asume que un aumento de 5% en intensidad sería adecuado para B2 por suponer menores emisiones e impactos. Un aumento de 10% en la intensidad sería adecuado para A2. Los sectores aún no incluidos en esta valorización abarcan los servicios de salud, generación hidroeléctrica y consumo de energía, infraestructura, turismo, zonas marino-costeras, y los múltiples impactos indirectos en otros sectores tales como la industria y los servicios. Se requiere avanzar con una mayor evaluación del impacto en ecosistemas clave como los bosques, y en otros eventos extremos como la sequía. Entonces, los cálculos presentados representan una visión conservadora e inicial de los costos del impacto económico. Con los resultados de los otros estudios programados en el proyecto, se ampliará este estimado inicial.

A partir del escenario macroeconómico base “sin cambio climático” se identifican los impactos en estos sectores y ámbitos por variables de temperatura y precipitación. La diferencia entre ambas trayectorias valuadas en unidades monetarias representan los costos asociados al impacto del cambio climático. La valuación de los costos en unidades monetarias permite estimar los cambios o reducciones de las trayectorias del PIB en el escenario base. En los estudios económicos del cambio climático se ha acordado utilizar el VPN del flujo acumulado del costo en un período, o sea su valor o porcentaje en función del PIB actual (véanse los cuadros 9.11 y 9.12).

Los costos iniciales estimados con A2 son crecientes a partir del año 2050 en la mayoría de los ámbitos y, en general, bastante elevados al finalizar el siglo. El estimado inicial del costo medido acumulado a 2100 con A2 a una tasa de descuento de 0,5%, es equivalente a 73 mil millones de dólares corrientes o 52 mil millones de dólares a precios de 2002, aproximadamente el 54% del PIB de la región en 2008 a VPN. (Con una tasa de descuento del 4%, el valor equivalente es de 9% del PIB regional de 2008 a VPN, evidenciando la importancia de cuál tasa se utiliza.) El costo acumulado estimado en el

escenario B2 al 2100 equivaldría a 44 mil millones de dólares corrientes y a 31 mil millones a precios del 2002, aproximadamente 32% del PIB de 2008 a tasa de descuento 0,5%. (Con una tasa de descuento del 4% el valor equivalente sería de 6% del PIB regional de 2008 a VPN.) Las estimaciones indican que los costos tienden a acelerarse después del año 2050, cuando los efectos de un mayor nivel de emisiones genere mayores aumentos de temperatura. En este sentido, un acuerdo internacional que estabilice y reduzca las emisiones globales contribuiría reducir el impacto.

CUADRO 9.11
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO B2) EN CUATRO ÁMBITOS A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento		Impacto				Total
		Agrícola	Biodiversidad	Agua	Eventos extremos	
0,5 %	2020	0,24	0,10	0,37	0,10	0,81
	2030	1,60	0,38	0,73	0,19	2,90
	2050	3,00	1,63	1,67	1,36	7,66
	2070	5,17	4,02	2,82	2,07	14,08
	2100	7,30	11,71	5,43	7,64	32,08
2%	2020	0,22	0,08	0,34	0,09	0,73
	2030	1,31	0,30	0,61	0,15	2,37
	2050	2,15	1,05	1,19	0,88	5,27
	2070	3,13	2,12	1,72	1,20	8,17
	2100	3,80	4,46	2,53	3,09	13,88
4%	2020	0,19	0,07	0,30	0,08	0,64
	2030	1,01	0,22	0,50	0,12	1,85
	2050	1,45	0,61	0,81	0,52	3,39
	2070	1,79	0,98	1,00	0,63	4,40
	2100	1,94	1,49	1,18	1,09	5,70

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.12
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO A2) EN CUATRO ÁMBITOS A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento		Impacto				Total
		Agrícola	Biodiversidad	Agua	Eventos extremos	
0,5 %	2020	1,28	0,16	0,43	0,19	2,06
	2030	2,48	0,55	0,81	0,36	4,20
	2050	3,70	2,33	1,99	2,65	10,67
	2070	5,18	5,98	3,51	4,04	18,71
	2100	11,13	17,97	9,80	14,92	53,82
2%	2020	1,20	0,14	0,38	0,17	1,89
	2030	2,11	0,43	0,67	0,30	3,08
	2050	2,86	1,50	1,39	1,73	7,48
	2070	3,53	3,13	2,09	2,34	11,09
	2100	5,40	6,78	4,02	6,03	22,23
4%	2020	1,11	0,11	0,33	0,15	1,70
	2030	1,75	0,32	0,54	0,24	2,85
	2050	2,14	0,87	0,92	1,01	4,94
	2070	2,39	0,98	1,17	1,22	5,76
	2100	2,80	2,23	1,59	2,13	8,75

Fuente: Elaboración propia.

A nivel de sectores, los costos para la producción agrícola aumentarían aceleradamente a partir del año 2070, especialmente con A2 y una tasa de descuento del 0,5%. Según el análisis inicial del sector hídrico, los impactos que se reflejarán en costos se mantendrán relativamente bajos hasta el

2030, y comenzarán a ser altos a partir de 2070, con efectos negativos para el conjunto de países. El costo cuantificable de los impactos en la biodiversidad, medida por el índice de biodiversidad potencial, crecen de manera exponencial a partir del año 2050, con mayor peso de los costos indirectos en el sector agropecuario. Los eventos extremos también muestran un crecimiento acelerado a partir del año 2050, cuando el aumento previsto de la temperatura podría implicar una mayor intensidad de este tipo de fenómenos, con mayores costos para los países de la región.

A nivel de países, el cuadro 9.13 presenta los costos iniciales estimados según los cuatro sectores o ámbitos acumulados a 2100 con B2 a distintas tasas de descuento y distintos años. Hasta el 2020 los costos estarían en un rango equivalente a 0,5% del PIB de 2008 para Costa Rica hasta 2,1% en Nicaragua. No obstante, los costos serían crecientes en el tiempo y en 2050 Nicaragua y Belice enfrentarían costos equivalentes a 13,4% y 11,3% del PIB de 2008. En un segundo grupo estarían Guatemala y Honduras con costos equivalentes al 9% y 10%, en tanto que El Salvador y Costa Rica tendrían costos de alrededor de 6,5%, y Panamá 5,8%. El promedio de la región para 2050 es 7,7%. En el período de 2050 a 2100, bajo el escenario de emisiones B2, los costos crecerían hasta más de cuatro veces respecto de 2050: el promedio regional llegaría a 32,4%. Incluso para Panamá los costos podrían ubicarse en 23,9% del PIB de 2008, en tanto que los de Nicaragua y Belice serían del 59% y 56%.

CUADRO 9.13
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO B2) EN CUATRO ÁMBITOS POR PAÍS A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento		Países							Centroamérica
		Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	
0,5 %	2020	1,53	0,53	0,69	1,01	1,31	2,05	0,64	0,85
	2030	4,21	2,34	2,68	3,29	3,61	5,40	2,48	2,95
	2050	11,32	6,39	6,57	9,07	10,16	13,37	5,80	7,74
	2070	20,95	11,25	12,09	16,99	18,05	25,45	10,94	14,22
	2100	56,21	26,42	25,16	37,67	45,79	59,43	23,87	32,41
2%	2020	1,39	0,48	0,62	0,91	1,18	1,88	0,58	0,78
	2030	3,50	1,92	2,20	2,71	2,99	4,49	2,04	2,43
	2050	7,82	4,41	4,59	6,25	7,00	9,38	4,06	5,36
	2070	12,19	6,57	7,10	9,85	10,61	14,86	6,36	8,29
	2100	23,61	11,58	11,25	16,37	19,52	25,44	10,42	14,10
4%	2020	1,24	0,42	0,54	0,81	1,03	1,67	0,52	0,68
	2030	2,77	1,49	1,70	2,13	2,35	3,56	1,59	1,90
	2050	5,05	2,83	2,98	4,00	4,48	6,17	2,65	3,46
	2070	6,61	3,58	3,88	5,30	5,79	8,14	3,47	4,51
	2100	9,28	4,78	4,83	6,77	7,85	10,49	4,38	5,84

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El cálculo para Centroamérica corresponde al valor presente neto de la suma de los costos de los países, no al promedio de los costos de los países.

En el escenario de emisiones A2 se observa que al 2050 los costos promedio para la región podrían ser equivalentes a 10,4% del PIB de 2008, relativo al valor de 7,7% en B2, con la tasa de descuento de 0.5%. No obstante, la mayor alza de emisiones proyectadas en A2 y sus consecuentes implicaciones redundan en un mayor aumento de costos al 2100, llegando a 53,9%, relativo a 32,4% de B2 en relación al PIB de 2008 a 0,5% de tasa de descuento. Con A2 a 2100 los costos más elevados serían los de Belice y Nicaragua (94,7% y 89,8% del PIB de 2008 a tasa de descuento de 0,5%), seguidos por Honduras (79,6%), Guatemala (63,6%), Costa Rica y El Salvador (46,6% y 43,2%) y Panamá (34,6 %). Los costos para la región serán crecientes y mayores que los de las economías desarrolladas, por lo cual es importante instrumentar acciones y políticas para reducir los costos potenciales (véase el cuadro 9.14).

CUADRO 9.14
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO
(ESCENARIO A2) EN CUATRO ÁMBITOS POR PAÍS A 2100
(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

Tasa de descuento		Países							
		Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Centroamérica
0,5 %	2020	2,73	1,16	1,56	1,98	2,52	2,99	1,19	1,68
	2030	5,95	2,84	3,51	4,34	5,01	6,80	3,06	3,83
	2050	16,94	8,56	8,93	11,91	14,69	17,91	7,01	10,35
	2070	30,18	14,63	15,94	21,70	25,56	34,13	12,82	18,48
	2100	94,71	46,58	43,19	63,63	79,55	89,76	34,58	53,90
2%	2020	2,47	1,05	1,40	1,78	2,26	2,69	1,09	1,52
	2030	4,92	2,33	2,89	3,58	4,15	5,61	2,51	3,15
	2050	11,64	5,88	6,21	8,23	10,09	12,42	4,90	7,16
	2070	17,66	8,56	9,41	12,70	15,09	19,81	7,52	10,84
	2100	38,57	19,05	18,04	25,84	32,39	37,14	14,35	22,12
4%	2020	2,17	0,93	1,22	1,56	1,96	2,35	0,97	1,33
	2030	3,89	1,83	2,27	2,83	3,29	4,42	1,96	2,48
	2050	7,46	3,74	4,03	5,30	6,44	8,05	3,22	4,62
	2070	9,63	4,68	5,19	6,92	8,27	10,71	4,15	5,94
	2100	14,51	7,17	7,16	9,87	12,26	14,57	5,68	8,52

Fuente: Elaboración propia.

Nota: El cálculo para Centroamérica corresponde al valor presente neto de la suma de los costos de los países, no al promedio de los costos de los países.

Si se asume que los cambios de temperatura y precipitación muestran ya una tendencia asociada al cambio climático en las últimas décadas y los impactos de los eventos extremos se han manifestado con mayor intensidad en Centroamérica, se pueden estimar los costos incurridos por la región a causa del cambio climático ya observado. En función del costeo realizado, una estimación preliminar para el período 2000-2007 arrojaría costos del orden de 15 mil millones de dólares a precios de 2002. Guatemala y Costa Rica presentan un costo mayor (5,2 y 2,8 mil millones). El resto de los países registraría un valor entre 1,5 y 2 mil millones; Belice menos de 0,2 mil millones de dólares. Para el período 2010-2014, este ejercicio estimaría los costos en aproximadamente 10 mil millones de dólares a precios de 2002 para la región. El desglose es: Guatemala (3,6), Costa Rica (2), Belice (0,1), los otros cuatro países (entre 1,3 y 0,9).

Si bien el análisis del VPN permite obtener una medida del impacto del cambio climático, su expresión respecto al PIB de un año base muestra la magnitud de los costos pero no permite aproximar el costo sobre el potencial de crecimiento de las economías a largo plazo. Así, la expresión de los costos como puntos porcentuales del PIB de la trayectoria base sería una medida de los impactos sobre el conjunto de la economía. El cuadro 9.15 presenta los resultados de un ejercicio donde se acumulan los costos hasta un año de corte, reportados como porcentaje del PIB de dicho año, considerando un escenario de inacción. Por ejemplo, los costos acumulados a nivel Centroamérica entre 2008 y 2030 implicarán un valor equivalente al 2,4% del PIB en este último año. Si se pospusieran acciones para responder al cambio climático hasta el año de 2070 ya se habrá acumulado un costo equivalente al 3,6% del PIB de ese año, y en 2100 el costo acumulado para toda la región sería de 4,7% del PIB de ese año, considerando los costos actualmente estimados.

El Cuadro 9.16 muestra otro ejercicio en el cual se estiman los costos como proporción del PIB de cada año, promediados para cada período. Considerando que los escenarios climáticos y sus impactos en sectores tales como recursos hídricos y agricultura muestran volatilidad año con año, lo cual afecta los estimados de costos anuales, es más aconsejable usar promedios de períodos para identificar tendencias. Así por ejemplo, en un primer período de 2009 a 2020 en Centroamérica, los costos anuales son equivalentes a

un 0,12% del PIB regional anual como promedio de dicho período. Este porcentaje aumentará hasta llegar a un 0,41% en el período de 2071 a 2100. Ambos ejercicios sugieren que en un escenario de inacción, los costos se acumularán y se aumentarán, afectando sensiblemente el potencial de crecimiento de la región. Considerando efectos indirectos y de otros sectores, la disminución del crecimiento sería aún mayor.

CUADRO 9.15
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ACUMULADO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUATRO ÁMBITOS SIN MEDIDAS DE RESPUESTA POR PAÍS A DIVERSOS AÑOS

(En porcentaje del PIB del año de reporte)

País	2020	2030	2050	2070	2100
Belice	1,7	2,7	4,0	3,8	5,0
Costa Rica	0,8	1,5	2,6	2,6	3,9
El Salvador	1,1	1,8	2,5	2,6	3,2
Guatemala	1,4	2,3	3,5	3,5	5,0
Honduras	1,7	2,6	4,4	4,4	6,3
Nicaragua	2,5	4,3	6,3	6,6	7,7
Panamá	1,0	1,8	2,1	2,0	2,1
Centroamérica	1,5	2,4	3,6	3,6	4,7

Fuente: Elaboración propia.

CUADRO 9.16
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO ANUAL DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN CUATRO ÁMBITOS SIN MEDIDAS DE RESPUESTA POR PAÍS EN DIVERSOS PERÍODOS

(En porcentajes del PIB anual promediado por período)

País	2009-2020	2021-2030	2031-2050	2051-2070	2071-2100
Belice	0,28	0,34	0,41	0,51	0,74
Costa Rica	0,08	0,34	0,22	0,28	0,44
El Salvador	0,10	0,35	0,28	0,21	0,30
Guatemala	0,14	0,39	0,25	0,23	0,32
Honduras	0,17	0,37	0,30	0,35	0,44
Nicaragua	0,07	0,19	0,27	0,32	0,45
Panamá	0,01	0,13	0,24	0,15	0,17
Centroamérica	0,12	0,30	0,28	0,29	0,41

Fuente: Elaboración propia.

La evidencia sugiere que los impactos económicos del cambio climático sobre las economías de Centroamérica son significativos. Estas estimaciones se basan en los impactos medibles de ciertos eventos extremos, en el sector agrícola, recursos hídricos y biodiversidad, por lo cual se pueden considerar como un costeo parcial e inicial. Sin embargo, existe un alto nivel de incertidumbre debido a la interacción entre las variables económicas y las condiciones del clima, así como los aspectos sociales, políticos y culturales. Es importante reiterar que las economías de Centroamérica han adoptado cambios estructurales y mostrado inestabilidades en su dinámica macroeconómica en las últimas dos décadas. Las características y condiciones de este patrón de crecimiento responden a un conjunto de factores de orígenes múltiples y de diversa índole, tanto económicos, sociales y políticos con especificidades nacionales. Estos factores se expresan en ocasiones en comportamientos volátiles de algunos agregados macroeconómicos o en proporciones más relevantes (por ejemplo inversión a PIB). Adicional al contexto macroeconómico, existe un alto nivel de incertidumbre sobre variables clave como las tecnológicas, los precios relativos de la energía, el consumo de agua y la biodiversidad. Por lo tanto, las estimaciones de costos de este apartado son sólo indicativas. No obstante, son superiores que las hechas para países desarrollados en los escenarios B2 y A2. Confirman que los costos del cambio climático son heterogéneos, no lineales y crecientes en el tiempo y que el aumento continuo de la temperatura y los cambios de precipitación probablemente tendrán efectos negativos crecientes para el conjunto de las actividades económicas. Más aún, sugiere que habrá umbrales irreversibles donde los costos aumentarían más que proporcionalmente y que una administración efectiva del riesgo sería esencial en la respuesta a este fenómeno.

X. VULNERABILIDAD, POBREZA Y ADAPTACIÓN

Mientras que la solución definitiva al cambio climático exige reducciones rápidas y significativas de las emisiones globales GEI, la adaptación es esencial, particularmente en los países de bajos ingresos. Los hallazgos del estudio indican que Centroamérica enfrenta un triple reto: resolver los factores que han generado el alto nivel de vulnerabilidad socioeconómica y ambiental subyacente, enfrentar los nuevos desafíos de adaptación a los cambios climáticos ya evidentes y transitar a economías más sostenibles y bajas en emisión de carbono. Este capítulo aborda los dos primeros retos con un enfoque de adaptación sostenible y equitativa.

La vulnerabilidad socioeconómica y ambiental de la región está ligada a un patrón de desarrollo de largo plazo, algunas de cuyas características son la pobreza de aproximadamente la mitad de la población; las desigualdades socioeconómicas, de etnia y de género; el limitado acceso a alimentos y agua potable; la insuficiencia de la cobertura y calidad de los servicios de salud, educación, seguridad social y de acceso al capital y al crédito productivo; y la dependencia económica de un limitado número de sectores, productos de exportación y países de destino. En el campo político, aunque las décadas de conflicto armado han sido superadas y se han establecido sistemas democráticos electorales, aún quedan tareas pendientes para consolidar la democracia y desarrollar la participación de la ciudadanía, incluyendo la ampliación de espacios de consulta y diálogo efectivo entre los sectores sociales.

La vulnerabilidad socioeconómica tiene múltiples causas e impactos materiales, los cuales generan situaciones y percepciones de riesgo, inseguridad e indefensión. En un sentido amplio, la vulnerabilidad se puede entender como la combinación de: i) eventos, procesos y situaciones que entrañan adversidades potenciales para el ejercicio de los derechos ciudadanos y la realización de los proyectos de las comunidades, los hogares y las personas; ii) la incapacidad de respuesta frente a la materialización de estos riesgos; iii) la inhabilidad para adaptarse a las consecuencias de su materialización (CEPAL, 2000; CEPAL 2002)¹⁸.

Habrà que enfrentar estos retos en un período de colapso del modelo de autorregulación de los mercados. Esto requiere tomar decisiones para enfrentar la crisis global actual, tomando en cuenta sus implicaciones de largo plazo. Como ha señalado Bárcena, se está viviendo un cambio de época, el cual demanda profundas transformaciones estructurales, que pueden equipararse en escala a la revolución industrial. Los cambios son exigidos por el cambio climático y otras externalidades causadas por la industrialización y la economía basada en hidrocarburos. Es una llamada de atención planetaria para transitar a economías sostenibles y perdurables, bajas en emisiones GEI y altamente eficientes en el uso de recursos naturales y en la protección de sus ecosistemas. Otro elemento a considerar es el aumento significativo de la población antes de su estabilización en la segunda mitad de este siglo con la transición demográfica y la migración de poblaciones entre países y entre la

¹⁸ Documento interno del Proyecto Implicaciones de la política macroeconómica, los choques externos y los sistemas de protección social en la pobreza, la desigualdad y la vulnerabilidad en América Latina y el Caribe, CEPAL/DESA.

ciudad y el campo (véase el capítulo 2). El reto de lograr un patrón de desarrollo incluyente con mayores oportunidades y mejor calidad de vida es mayor si consideramos la responsabilidad por las generaciones futuras, es decir, la equidad intergeneracional en el contexto del cambio climático (CEPAL, 2010).

RECUADRO 10. I CONCEPTOS DE VULNERABILIDAD, ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA

El Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC) 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.”

El IPCC define la **habilidad de adaptación** al cambio climático como la “capacidad de un sistema para ajustarse al cambio climático (incluyendo la variabilidad climática y los cambios extremos) a fin de moderar los daños potenciales, aprovechar las consecuencias positivas o soportar las consecuencias negativas.” (IPCC, 2004). Igualmente, indica que la **adaptación** involucra “iniciativas y medidas encaminadas a reducir la vulnerabilidad de los sistemas naturales y humanos ante los efectos reales o esperados de un cambio climático. Existen diferentes tipos de adaptación, por ejemplo: preventiva y reactiva, privada y pública, y autónoma y planificada”.

Finalmente, el IPCC también usa el concepto de **resiliencia**, tomado del vocablo inglés *resilience*, que se refiere a las características de seres o sistemas que lo fortalecen para enfrentar adversidades de forma exitosa. El IPCC lo define como la “capacidad de un sistema social o ecológico para absorber una alteración sin perder su estructura básica, sus modos de funcionamiento, su capacidad de autoorganización, ni su capacidad de adaptación al estrés y al cambio (IPCC, 2008).

Las vulnerabilidades socioeconómicas de Centroamérica se exacerbaban por su ubicación geoclimática en un istmo estrecho que sirve de puente entre dos continentes, rico en biodiversidad y variedad de ecosistemas, situado entre dos sistemas oceánicos, el Pacífico y el Atlántico, con sus correspondientes procesos climáticos. Como se ha reportado, la región se ve gravemente afectada por ciclones y por el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS) y su interacción, aún por aclararse, con la Oscilación del Atlántico Norte. Las vulnerabilidades socioeconómicas preexistentes, que de por sí se concentran en las regiones pobres, exponen a sus poblaciones a más impactos negativos por las amenazas geoclimáticas. Además, el patrón de desarrollo pone presión sobre la capacidad del ambiente para proveer recursos de agua, alimentación, energía y protección contra tales fenómenos naturales extremos. En suma, tanto la población humana como el ambiente del Istmo Centroamericano enfrentan el cambio climático con alta sensibilidad a su impacto y una reducida “resiliencia” y capacidad de adaptación.

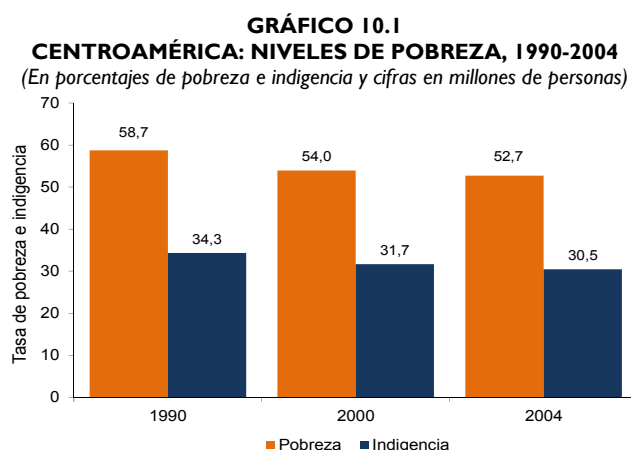
Esta acumulación de vulnerabilidades ha llevado a expertos como Sir Nicholas Stern a plantear que el cálculo del esfuerzo y del costo necesarios para adaptarse al cambio climático no se puede ni se debe separar de esa deuda de vulnerabilidad acumulada (Stern, 2008). Respecto a la adaptación, el Reporte Stern advierte que los sistemas ecológicos y humanos tienen límites ante lo que las medidas de adaptación podrían lograr frente a los impactos del cambio climático. Sin un esfuerzo temprano y significativo de mitigación, estos límites y sus costos crecerán rápidamente. El reporte recomienda que la adaptación debe reducir los impactos negativos y aprovechar todas las oportunidades, pero que aún así se presentarán daños y pérdidas no solucionables que podrían ser significativos.

Se requieren un mayor análisis de los costos de adaptación y transferencias de recursos de los países desarrollados mucho mayores que las hechas hasta ahora en la forma de asistencia oficial al desarrollo (Stern, 2007). Las primeras estimaciones del costo de adaptación son variadas. Las de

Stern y el Banco Mundial indican magnitudes que oscilan hasta cerca de los 40 billones de dólares. Antes de la COP15, el financiamiento dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) estaba limitado al 2% de impuesto sobre la venta de certificados MDL (CEPAL y GTZ, 2009). El Acuerdo de Copenhague, que no tiene estatus legal, propone financiamiento de corto plazo (período 2010-2012) por 10.000 millones de dólares al año para adaptación y mitigación, y un flujo financiero de largo plazo que para el año 2020 debiera llegar a los 100.000 millones de dólares al año (CEPAL y BID, 2010).

Los expertos del IPCC subrayan que las causas y las soluciones a los problemas derivados del cambio climático se relacionan con la equidad, pues los países y poblaciones que contribuyen menos a la emisión de GEI resultan ser los más vulnerables, los que tienen menores capacidades de adaptación y, por tanto, los que sufrirán los mayores impactos del fenómeno (IPCC, 2007). Como afirma el reporte Stern, “el cambio climático supone una dura amenaza para los países en vías de desarrollo y un obstáculo grande para una continua reducción de la pobreza en sus múltiples dimensiones”. La comunidad internacional ha advertido que el cambio climático amenaza con destruir los esfuerzos de décadas para reducir la pobreza y la desigualdad. Por tanto, plantea la necesidad de integrar las estrategias de adaptación con las emprendidas para reducir la pobreza y la desigualdad (CEPAL, 2008 y 2010; IPCC, 2007b; PNUD, 2007; Stern, 2007; AfDB y otros, 2003).

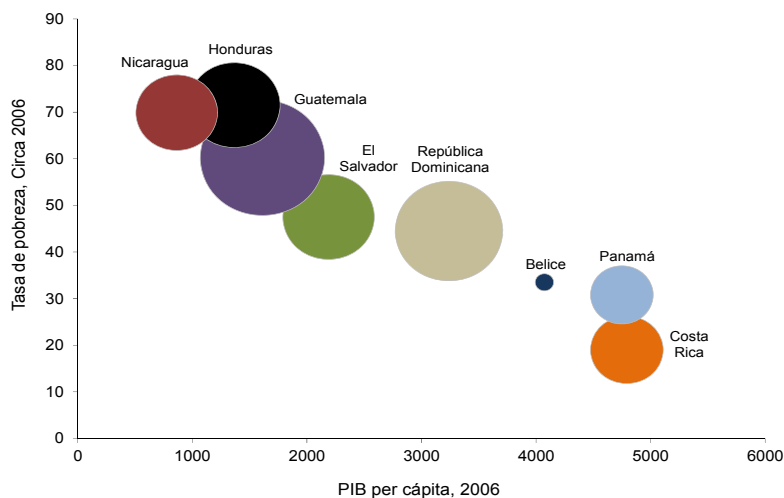
Cerca de la mitad de la población de Centroamérica vive en la pobreza; alrededor de una tercera parte en pobreza extrema (véase el gráfico 10.1). En 2004, las tasas de pobreza desagregadas por país variaron entre 19% en Costa Rica y 69% en Honduras, mientras que el promedio regional fue de 53%. En 2006, el PIB per cápita no sobrepasó los 5.000 dólares (a precios constantes de 2000) y cuatro países registraron menos de la mitad de esa cifra, si bien hay cierta diversidad de ingreso (véase el gráfico 10.2). Persiste un alto nivel de desigualdad socioeconómica, de etnia y de género, que se manifiesta en varios indicadores, incluyendo el Índice de Gini, relativamente alto, 0,57 en 2008 (véase el gráfico 10.3), en las tasas diferenciadas de mortalidad y morbilidad infantil y materna, en los niveles de desnutrición y en acceso a alimentos, agua potable, servicios de salud, educación, seguridad social, capital y crédito productivo. El gasto social per cápita y el gasto en educación como porcentaje del PIB son relativamente bajos, con excepción de Costa Rica y Panamá (véanse los gráficos 10.4 y 10.5).



Fuente: CEPALSTAT.

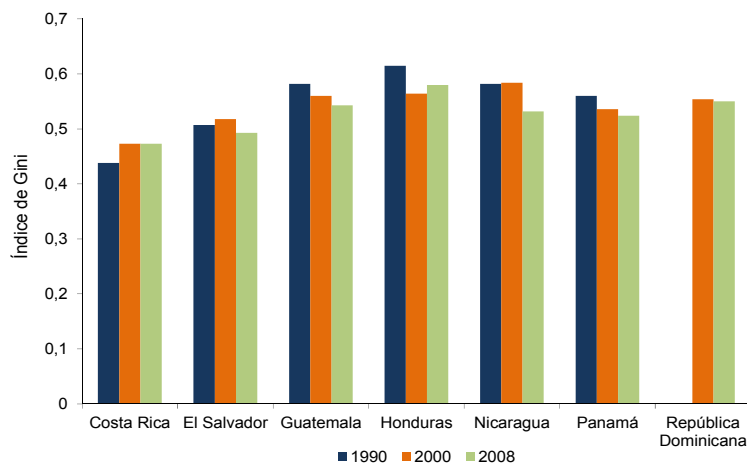
a/ Incluye Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá y Belice, excepto en 2004, que no incluye a este último país.

GRÁFICO 10.2
CENTROAMÉRICA: POBREZA, PIB PER CÁPITA Y TAMAÑO DE POBLACIÓN, 2006
(En porcentajes de pobreza y PIB per cápita en dólares de Estados Unidos de 2006)



Fuente: CEPALSTAT, Pobreza por ingreso per cápita del hogar en 2006 o año más cercano. El tamaño de los círculos corresponde al tamaño de las poblaciones.

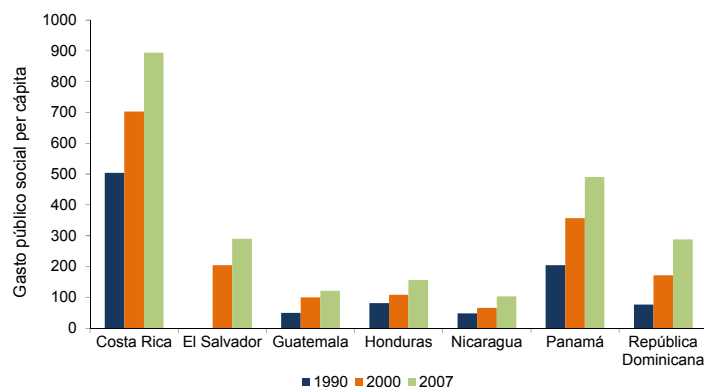
GRÁFICO 10.3
CENTROAMÉRICA: INDICADOR DE DESIGUALDAD, 1990-2008
(En índice de Gini)



Fuente: CEPALSTAT y Sede Subregional de la CEPAL en México, Indicadores Sociales 2009.

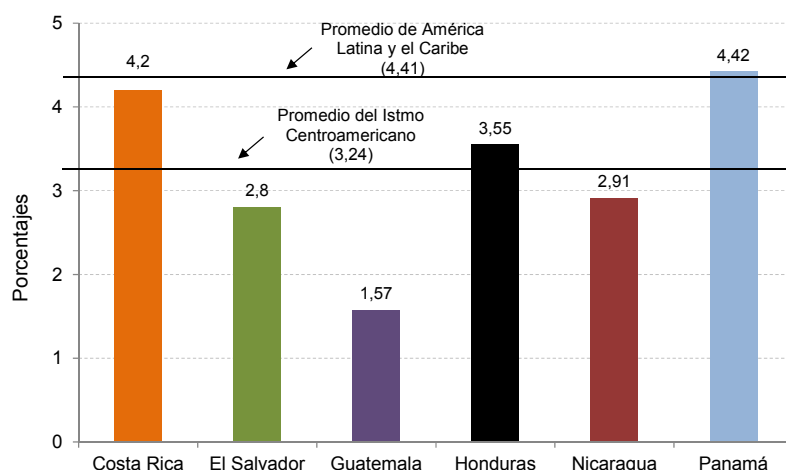
Desigualdad del Índice Gini con base en ingresos per cápita del hogar. Belice no disponible.

GRÁFICO 10.4
CENTROAMÉRICA Y REPÚBLICA DOMINICANA: GASTO SOCIAL PER CÁPITA 1990-2007
(En dólares de Estados Unidos a precios constantes de 2000)



Fuente: CEPALSTAT. Los datos de Honduras son de 2006.

GRÁFICO 10.5
CENTROAMÉRICA: GASTO TOTAL EN EDUCACIÓN, 2004
(En porcentajes del ingreso nacional bruto, como promedios para 6 países y la región)



Fuente: CEPAL, 2007. Elaboración propia con datos del Banco Mundial (2006). Datos para Belice no disponibles.

Durante la primera mitad de esta década, El Salvador, Honduras y Nicaragua lograron notables incrementos reales del gasto público social por habitante de 20%, 31% y 51%, respectivamente; Guatemala logró casi duplicarlo en la última década. No obstante, la tasa de crecimiento del gasto social tiende a ser procíclica y no siempre con efectos progresivos respecto a los quintiles del ingreso en la mayoría de los países (CEPAL, 2006; 2009).

Los impactos de cambio climático en la salud incluyen mayor estrés de calor y cambios en los patrones de enfermedades como malaria, dengue y cólera. La malaria continúa siendo un riesgo serio para la salud en la mayor parte de Centroamérica, incluyendo 100% del territorio de El Salvador

(PAHO, 2002). Algunas proyecciones sugieren probables disminuciones de malaria en la temporada de transmisión en áreas donde se prevé un descenso de la precipitación. Para Nicaragua se prevé un incremento de la incidencia de la enfermedad. En Guatemala se investigó el impacto potencial en infecciones respiratorias agudas (IRA), enfermedades diarreicas agudas (EDA) y malaria, encontrando que podrían no seguir sus patrones estacionales tradicionales. Un estudio reciente sobre Costa Rica consideró el dengue, la malaria, el asma, las cardiopatías, las diarreas y las enfermedades parasitarias, según la vulnerabilidad en sensibilidad, exposición y resiliencia (IMN (Instituto Meteorológico Nacional) y Ministerio de Salud, 2008).

Las limitaciones de cobertura y calidad de los servicios de salud para la población en situación de pobreza, así como la posible reducción del acceso a agua, alimentos e ingresos, y cambios en patrones de enfermedades por el cambio climático podrían provocar un debilitamiento serio del estado de salud de las poblaciones. La extensión y adaptación de servicios de salud del sistema formal y las redes de salud comunitaria son un frente importante de trabajo. Habrá sinergia con otras medidas de adaptación como la mejoría del acceso al agua pese a la disminución o mayor variabilidad de precipitación, la protección de la seguridad alimentaria y medidas de mitigación como reducir el uso de hidrocarburos, aumentar el uso de estufas de leña mejoradas y ampliar el acceso a electricidad generada con recursos renovables.

El reto de la inversión social se relaciona con el predominio del trabajo informal y la limitada cobertura de protección social en la mayoría de los países. Sólo los ocupados en el sector formal tienen acceso a esta cobertura, incluyendo pensiones, seguro de desempleo, salud, etc., pero no en todos los casos. Peor aún, la cobertura de los ocupados formales ha disminuido en los últimos años en la mayoría de los países (CEPAL, 2006; Bertranou y Jiménez Méndez, 2009) (véase el cuadro 10.1). El reducido gasto social por habitante —relativamente más alto en Panamá y Costa Rica— limita la resiliencia y las capacidades de adaptación. En años recientes se han implementado programas de transferencias condicionadas a familias pobres en varios países para complementar el ingreso e incentivar el uso de servicios de salud y educación. Estos programas han sido diseñados para la población rural, pero hay iniciativas para adaptarlos al medio urbano. En el período de adaptación al cambio climático, una posibilidad es ampliar la cobertura de estos programas y agregar componentes que incentiven la adaptación.

CUADRO 10.1
CENTROAMÉRICA: COBERTURA DE LA SEGURIDAD SOCIAL, ALREDEDOR DEL 2006
(En porcentajes de la población)

País	Total nacional	Sector urbano formal	Sector urbano informal (asalariado)
Costa Rica	65,2	86,4	39,7
El Salvador	28,9	75,8	8,2
Guatemala	17,7	61,2	7,5
Honduras	19,8	65,6	5,7
Nicaragua	17,4	58,6	3,2
Panamá	47,8	85,3	27,6

Fuente: CEPAL sobre la base de tabulaciones especiales de las encuestas de hogares de los países. No hay datos disponibles para Belice.

Una parte importante de la población en situación de pobreza, especialmente en las áreas rurales, depende en forma directa del ambiente para acceder a agua, alimentos, techo, medicinas y energía, entre otros. La falta de capital y alternativas de medios de subsistencia provoca la sobreexplotación del ambiente por estas poblaciones. El patrón general de desarrollo y las

debilidades de gestión del riesgo han creado un círculo vicioso de empobrecimiento humano y debilitamiento del ambiente, lo que se complicará aun más con el avance del cambio climático.

Otra parte de la población en situación de pobreza —como la de zonas urbanas marginales y/o que depende de la economía informal— enfrentará con serias desventajas las inestabilidades económicas que el cambio climático podría generar. Estas poblaciones acceden a la mayor parte de sus bienes y servicios por medio del mercado. Los estudios sectoriales sugieren que podrían sufrir una serie de impactos. La reducción e inestabilidad de la disponibilidad del agua y la reducción de los rendimientos agrícolas pueden afectar los mercados laborales y el suministro y precio de los bienes básicos. Es posible que los impactos del cambio climático en las zonas rurales aumenten el flujo migratorio hacia las zonas urbanas.

Como se ha indicado, el cambio climático tiene varios impactos directos e indirectos, los cuales ilustran las diferentes formas y fuentes de vulnerabilidad de determinadas poblaciones. El análisis de la problemática requiere un enfoque de las múltiples dimensiones de procesos y experiencias de “pobreza”, como el de “capacidades y oportunidades” de Amartya Sen. Lo anterior implica un análisis de la capacidad de las personas para adaptarse al cambio climático no sólo en función de la disponibilidad de recursos económicos, naturales, educativos y de salud, sino también de su habilidad para aprovecharlos. La participación y la representación políticas son importantes. Aunque los países han establecido sistemas democráticos electorales, aún falta camino por recorrer para que las poblaciones marginadas, como las mujeres y las poblaciones indígenas y afrodescendientes, logren una participación efectiva en espacios de consulta y toma de decisiones. Igualmente, se requerirá un análisis con enfoque de género y etnia para lograr una mayor precisión de las diferencias de vulnerabilidad y resiliencia con perspectiva intergeneracional, ya que el cambio climático podrá empeorar el círculo vicioso de empobrecimiento intergeneracional.

El cambio climático requerirá esfuerzos mayores que los desplegados hasta ahora para lograr los Objetivos del Milenio (ODM) (IPCC, 2007b),¹⁹ entre ellos la reducción del hambre y la pobreza, la disminución de la mortalidad relacionada con epidemias infecciosas y altas temperaturas, mayor acceso a agua potable y saneamiento, un medio ambiente sostenible y el desarrollo de un sistema financiero y comercial abierto y equitativo, incluyendo los nuevos acuerdos de adaptación y mitigación y los mercados de carbono. A estos esfuerzos se agregan los relacionados con la paz, la migración, el buen gobierno y la seguridad ciudadana, ya que el cambio climático añade elementos que amenazan la cohesión social y la seguridad, en especial de las democracias más vulnerables. (RUSI, 2009) En esta región, como en muchas otras, la población más afectada por el cambio climático será también la más desprotegida ante los retos de los ODM.

En función de las características de la región y sus vulnerabilidades, los análisis de los sectores y ámbitos prioritarios y de las propuestas vigentes a nivel nacional y regional, se sugiere tomar en cuenta los siguientes factores:

- La adaptación al cambio climático pasará por reducir las vulnerabilidades socioeconómicas existentes y aumentar la resiliencia de las sociedades y poblaciones específicas. Esto implica tomar en cuenta los retos estructurales e históricos del desarrollo y el cambio de época que se está experimentando.
- El cambio climático exhibe complejos retos de equidad porque las poblaciones beneficiadas por las emisiones históricas no son las mismas que sufren sus peores consecuencias. Estas

¹⁹ El IPCC advierte la probabilidad de que el cambio climático impida alcanzar los ODM en los próximos cincuenta años.

últimas no necesariamente tienen el poder económico y político para conseguir que sus necesidades sean respetadas.

- El cambio climático es un fenómeno de flujos y acumulación de GEI en la atmósfera. Habrá impactos futuros de las acciones pasadas y presentes. Por esta razón, el fenómeno afecta la equidad intergeneracional e intrageneracional e implica que las decisiones a tomar hoy requerirán análisis de escenarios futuros y propuestas de largo plazo.
- En términos económicos, el cambio climático es una externalidad cuyos costos no se reflejan completamente en la economía presente. Aunque el principio de responsabilidades compartidas y diferenciadas está establecido en la CMNUCC, los responsables históricos de esta externalidad no han asumido sus costos colectivos.
- El clima es un bien público global que requiere esfuerzos negociados, concertados y colectivos. Esto implica reforzar el Estado, entendido como instituciones y procesos de toma de decisión y acción de sociedades y colectividades.
- La adaptación implicará no sólo adaptarse a los impactos experimentados por los países, sino a los cambios previstos para la economía global, principalmente la transición hacia una economía baja en carbono. Esta transición puede implicar medidas como un impuesto global al contenido carbónico de hidrocarburos y establecer barreras o impuestos a importaciones por su contenido carbónico.
- Para países con recursos fiscales y de inversión limitados, tomar y financiar medidas de adaptación separadas de las de la reducción de emisiones GEI y mejorar la sostenibilidad puede ser oneroso. Lo adecuado es diseñar medidas que integren estas prioridades y considerar los cobeneficios e impactos negativos de una medida frente a otra.
- El financiamiento internacional y el acceso a tecnologías apropiadas de adaptación son esenciales, pero su disposición es extremadamente limitada y carece de mecanismos de transferencia eficientes.
- Falta desarrollar metodologías cuantitativas y cualitativas para evaluar la vulnerabilidad y la capacidad de adaptación, particularmente de las sociedades en desarrollo.
- Falta analizar los costos no contabilizados e indirectos en otros sectores. Los resultados y escenarios aquí presentados deben interpretarse como estimaciones de tendencias futuras, no como cifras definitivas, por las incertidumbres de este tipo de análisis.
- El fortalecimiento de capacidades para recolectar datos, analizar los impactos del cambio climático y formular e implementar respuestas es en sí un elemento clave para la adaptación. La región cuenta con expertos pero son insuficientes para la tarea y es necesario educar y movilizar a diversos sectores.

A partir de los resultados iniciales del estudio, el capítulo de Opciones de políticas presenta una propuesta de ejes potenciales de opciones orientadas principalmente (aunque no exclusivamente) a la adaptación, la cual tendrá que analizarse y afinarse en discusiones con los expertos y tomadores de decisiones nacionales y regionales. A partir de los estudios previos y los de este proyecto se realizará un análisis del impacto del cambio climático en las poblaciones en situaciones de pobreza de la región.

XI. ESCENARIOS DE EMISIONES Y OPCIONES DE MITIGACIÓN

La evidencia científica generada por el IPCC y otros expertos confirma la necesidad de revertir la tendencia actual de emisiones crecientes de GEI y reducirlas hasta alcanzar una solución definitiva. Actualmente (2004) se emiten más de 49 giga toneladas (GT) de CO₂e por año a nivel global, habiendo crecido 70% desde 1970 (IPCC, 2007a y 2007d). Con un escenario tendencial se podrá llegar a 2050 con emisiones anuales de 80GT (Stern 2008). La concentración acumulada en la atmósfera (2005) es de aproximadamente 455 partes por millón (ppm) de CO₂e.²⁰ El escenario de estabilización más bajo del IPCC busca una estabilización entre 455 ppm a 490 ppm CO₂e a más tardar en 2015 para no sobrepasar un aumento de temperatura de 2 °C a 2,4 °C sobre el nivel preindustrial. Esto requerirá una reducción de emisiones entre 50% y 85% entre los años 2000 y 2050 (IPCC, 2007a y 2007d). Un estudio del IPCC indica que una concentración de 450 ppm de CO₂e puede implicar una probabilidad de 78% de un aumento de 3 °C (Murphy y otros, 2004).

Los dos escenarios de emisiones del IPCC utilizados en este estudio, B2 y A2, arrojan estimados de aumentos de temperatura globales entre 1,4 °C y 3,8 °C con un mejor estimado de 2,4 °C en 2090-2099 relativo al período 1980-1999 para el B2, y entre 2 °C y 5,4 °C con un mejor estimado de 3,4 °C para el A2 (IPCC, 2007a). Los resultados para Centroamérica con ambos escenarios y los modelos utilizados en este estudio son aumentos de temperatura de un promedio de 2,5 °C para B2 y 4,2 °C para A2 (véase la sección de escenarios climáticos).

El promedio mundial de emisiones per cápita anual es de aproximadamente 7 toneladas (T) de CO₂e. Estados Unidos y Canadá emiten alrededor de tres veces más que el promedio, entre 20T y 25T, y la Unión Europea 10T a 12T. China e India emiten aproximadamente 5T y 2T per cápita, con tasas de crecimiento altas. La población mundial actual es de 6 mil millones, con 5 mil millones de personas en el mundo en desarrollo. Para 2050 habrá aproximadamente 9 mil millones, de los cuales 8 mil millones vivirán en países en vías de desarrollo. Para no sobrepasar una concentración entre 450ppm y 500ppm de GEI habrá que estabilizar las emisiones en los próximos 15 años y reducirlas a 20GT anuales para 2050 o aproximadamente 2T per cápita. Posteriormente habrá que estabilizar las emisiones en 10GT anuales y 1T per cápita (Stern, 2008).

Con este escenario existe una creciente preocupación y tensión internacionales por la responsabilidad de tomar medidas ambiciosas, vinculantes e inmediatas para estabilizar y reducir el nivel de emisiones globales de GEI. De acuerdo con el principio de la CMNUCC de responsabilidades comunes pero diferenciadas, este objetivo exige reducciones significativas de las emisiones GEI de los países desarrollados y apoyos financieros y tecnológicos a los países en vías de desarrollo para su adaptación. En su Posición Común de 2009, Centroamérica propone que los países

²⁰ Si se considera todos los elementos que afectan el clima, por ejemplo los aerosoles con su efecto enfriador, el efecto neto es equivalente a aproximadamente 375 ppm CO₂e.

desarrollados reduzcan sus emisiones 45% en 2020 y 95% en 2050 respecto a 1990 (CCAD/SICA, 2009). Otra propuesta es que los países desarrollados reduzcan sus emisiones entre 20% y 40% en 2020 y por lo menos 80% en 2050 y que cumplan con transferencias substanciales de financiamiento y tecnología a los países en vías de desarrollo, antes de considerar la posibilidad de que estos últimos asuman metas de reducción (Stern, 2008).

Los países denominados “emergentes” aportan proporciones de emisiones globales cada vez mayores, por lo cual existe presión para que tomen acción inmediata. Mientras tanto, los países pequeños en vías de desarrollo reclaman atención a sus vulnerabilidades y a los injustos impactos del cambio climático.

El abordaje de opciones de reducción de emisiones GEI en esta iniciativa se orienta por las líneas básicas establecidas por los Ministros de Ambiente de Centroamérica: que la prioridad sea reducir vulnerabilidades y adaptarse, que se podrán considerar opciones de reducción de emisiones como cobeneficio del esfuerzo de adaptación en el marco de promover un desarrollo más sostenible y solidario, reconociendo derechos intergeneracionales y “naturales”, es decir, el derecho al disfrute perdurable de la naturaleza.

Se estima que Centroamérica produce una muy mínima parte de las emisiones GEI globales, estimada en menos de 0.3% de las emisiones sin cambio de uso de tierra y menos de 0.8% de las emisiones brutas totales en 2000 ²¹, proporción que probablemente no cambiará significativamente en un escenario futuro tendencial. Hay consenso de que esfuerzos significativos de Centroamérica por reducir sus emisiones no cambiarán la trayectoria global, así que metas obligatorias representarían una carga injusta encima de la de enfrentar los impactos de cambio climático. No obstante, como parte de su responsabilidad común pero diferenciada, pueden esforzarse por reducir sus propias emisiones. De hecho, la mitigación es parte de sus agendas nacionales.

Esta sección presenta ejercicios hipotéticos que estiman escenarios futuros de emisiones GEI para la región, con el afán de aportar elementos a la discusión sobre oportunidades de transitar a economías más sostenibles y bajas en carbono y sus costos. Estos ejercicios podrán servir de insumos para evaluar los costos en que incurrirían estos países si aceptaran reducir sus propias emisiones. Los ejercicios demuestran los modelos usados y están abiertos a mayor exploración con las instituciones socias del proyecto.

A continuación se presenta un análisis de los inventarios de 2000, un escenario prospectivo al 2100 basado en el modelo IPAT y una exploración de las opciones de mitigación al 2030 con una curva de abatimiento para la región.

INVENTARIOS DE EMISIONES EN CENTROAMÉRICA

El cuadro 11.1 presenta las estimaciones disponibles en los inventarios nacionales de las emisiones netas totales de GEI. En los años noventa Guatemala y Nicaragua reportaron emisiones netas totales negativas, pero en la última década ningún país las ha tenido. El cuadro 11.2 presenta los resultados de los inventarios de 2000, disponibles para todos los países. Es importante anotar las incertidumbres asociadas especialmente a las emisiones y absorciones del cambio de uso de tierra.

²¹ Estimaciones basadas en los inventarios nacionales de 2000 y cifras globales del IPCC, 2007d, y en la base de datos CAIT del World Resource Institute. Es importante notar la alta incertidumbre relacionada con las emisiones de cambio de uso de tierra.

CUADRO 11.1
CENTROAMÉRICA: EMISIONES NETAS DE GEI REPORTADAS EN INVENTARIOS NACIONALES
(En toneladas equivalentes de CO₂ a 100 años incluyendo CH₄ y N₂O, CO₂e)

País	1990	1994	1995	1996	1997	2000	2005
Belice					7 875 219	9 825 240	
Costa Rica	7 442 030			9 779 710		7 940 400	8 779 200
El Salvador		15 858 862				13 127 803	
Guatemala	-24 803 642					5 849 634	
Honduras			15 133 090			16 703 140	
Nicaragua		-4 424 250				57 749 640	
Panamá		22 945 860				9 289 540	

Fuente: Inventarios de GEI de cada país.

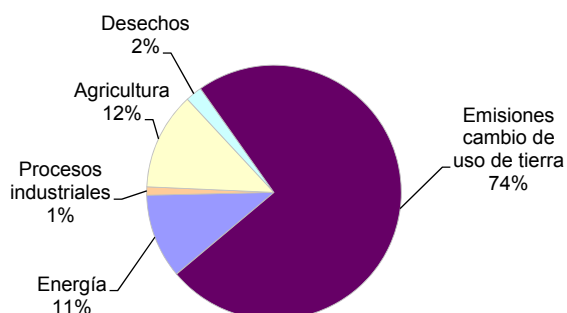
CUADRO 11.2
CENTROAMÉRICA: EMISIONES DE GEI REPORTADAS EN INVENTARIOS NACIONALES, 2000
(En miles de toneladas de CO₂e)

Sector	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Total
Energía	669,3	4 805,6	5 378,8	10 426,6	4 076,7	3 922,6	6 803,6	36 083,2
Procesos industriales	0,3	449,8	444,2	1 235,7	690,0	305,8	432,7	3 559,5
Agricultura	187,7	4 608,6	2 512,5	19 471,1	4 441,9	7 101,0	3 204,7	41 528,5
Desechos	40,2	1 236,9	1 263,6	1 049,3	1 738,7	651,9	1 081,5	7 062,1
Emisiones sin cambio de uso de tierra	897,2	11 100,9	9 599,2	32 182,7	10 947,3	11 981,4	11 522,5	88 231,2
Emisiones cambio de uso de tierra	12 790,0	1 157,3	3 702,2	11 127,1	56 696,7	140 257,2	21 425,0	247 156,5
Emisiones brutas	13 687,2	12 258,2	13 301,5	43 309,8	67 643,9	152 238,6	32 947,5	335 387,7
Absorciones	-3 862,0	-4 317,8	-173,7	-37 460,2	-50 940,8	-94 489,0	-23 658	-214 902,5
Emisiones-absorciones (de cambio de uso de tierra)	8 928,0	-3 160,5	3 528,6	-26 333,1	5 755,9	45 768,2	-2 233,0	32 254,1
Emisiones netas	9 825,2	7 940,4	13 127,8	5 849,6	16 703,1	57 749,6	9 289,5	120 485,2

Fuente: Elaboración propia sobre la base del Anexo 1 de la CMNUCC e inventarios nacionales de 2000.

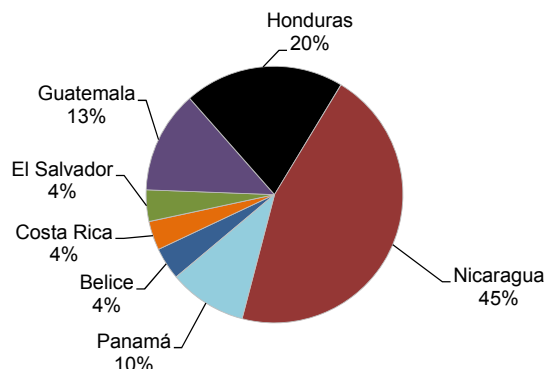
Las emisiones brutas de la región sumaron 335 millones de Toneladas CO₂e (TCO₂e) y las netas 120 millones TCO₂e en 2000. Los sectores de energía, procesos industriales, agricultura y desechos registran sólo emisiones, mientras que el cambio de uso de tierra (CUT) registra emisiones y absorciones. En el año 2000 se registraron emisiones por 88 millones de TCO₂e para estos cuatro sectores, de los cuales 47% correspondió a agricultura y 41% a energía. Las emisiones brutas por CUT fueron aproximadamente 247 millones de TCO₂e, representando 74% de las emisiones brutas totales, seguidas por agricultura con 12% y energía con 11%. No obstante, las absorciones de CUT fueron 214 millones de TCO₂e, generando una emisión neta de 32 millones de TCO₂e. A nivel de emisiones CUT brutas predomina Nicaragua (140 millones de TCO₂e) seguida por Honduras (57) y Panamá (21). Las mayores absorciones son las de Nicaragua (94) y Honduras (51). A nivel de emisiones CUT netas, Guatemala, Costa Rica y Panamá son sumideros netos (tienen valores negativos) y la cifra positiva más alta se registra en Nicaragua (46) (véanse los gráficos 11.1 y 11.2).

GRÁFICO 11.1
CENTROAMÉRICA: EMISIONES BRUTAS DE GEI
POR SECTOR CON CAMBIO DE USO DE TIERRA, 2000
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

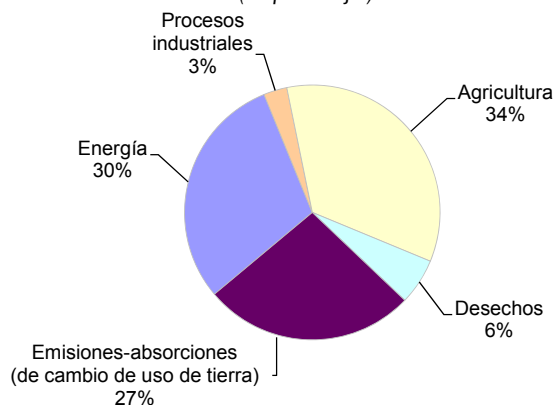
GRÁFICO 11.2
CENTROAMÉRICA: EMISIONES BRUTAS DE GEI
POR PAÍS CON CAMBIO DE USO DE TIERRA, 2000
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

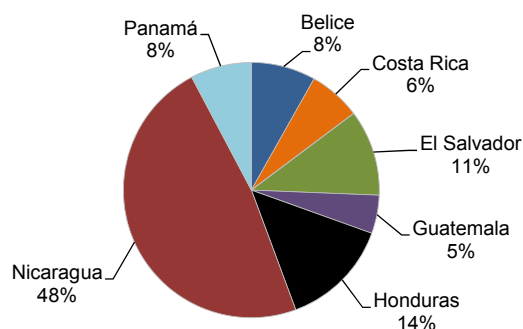
De las emisiones netas de 32 millones de TCO_{2e}, la agricultura es la mayor emisora con 34% del total, seguida por energía con 30% y CUT neto con 27%. CUT es el tercer sector por volumen de emisiones netas, pero es el primero en emisiones brutas. El binomio CUT-agricultura representa más de 60% de emisiones netas, mientras que energía-desechos-procesos industriales, casi 40%. Nicaragua registra 47% de las emisiones netas, seguida por Honduras (14%), El Salvador (11%), Panamá y Belice (8%), Costa Rica y Guatemala (7% y 5%). Nicaragua y Honduras predominan en emisiones brutas y netas (véanse los gráficos 11.3 y 11.4).

GRÁFICO 11.3
CENTROAMÉRICA: EMISIONES NETAS DE GEI
POR SECTOR, 2000
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

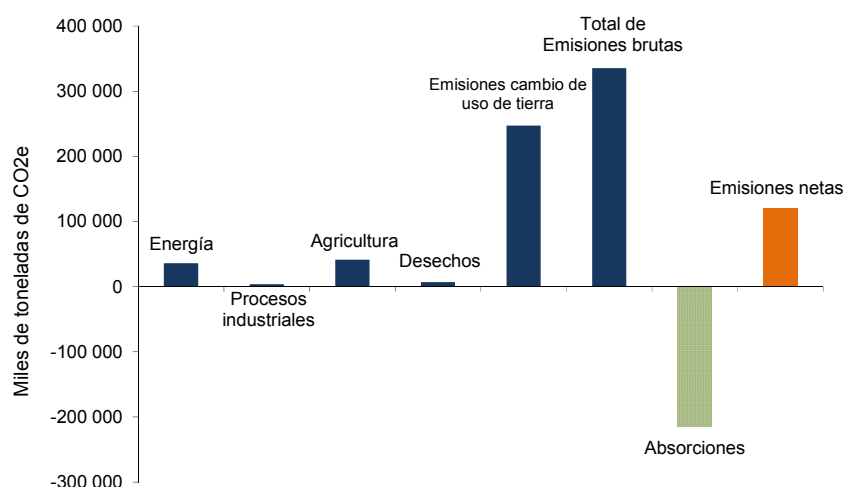
GRÁFICO 11.4
CENTROAMÉRICA: EMISIONES NETAS DE GEI
POR PAÍS, 2000
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

La estructura de emisiones brutas está fuertemente dominada por CUT con tres cuartos del total. Las absorciones (cambios de bosque/biomasa, abandono de tierra manejada y absorción del suelo, entre otros) representan 85% de estas emisiones, resultando en emisiones netas de solamente 13% del valor bruto. Nicaragua registra las mayores emisiones brutas, absorciones y emisiones netas. Costa Rica, Panamá y Guatemala registran emisiones netas negativas. El Salvador y Honduras, con emisiones netas relativamente menores, podrían alcanzar el mismo estatus con cierto esfuerzo (véase el gráfico 11.5).

GRÁFICO 11.5
CENTROAMÉRICA: EMISIONES DE GEI POR SECTOR, BRUTAS Y NETAS, 2000
 (En miles de toneladas de CO₂e)



Fuente: Elaboración propia basada en los inventarios nacionales de 2000.

ESCENARIO PROSPECTIVO DE EMISIONES AL 2100 CON EL MODELO IPAT

Múltiples factores influyen en el nivel de emisiones de CO₂e, como son el desarrollo económico, el crecimiento demográfico, el cambio tecnológico, las dotaciones de recursos, las estructuras institucionales, los modelos de transporte, los estilos de vida y el comercio internacional. Dos indicadores útiles para el análisis de emisiones son la intensidad de uso de energía por unidad de PIB producido y el volumen de CO₂ y otros GEI emitidos por cada unidad de energía generada. Una herramienta utilizada frecuentemente para explorar las principales fuerzas causantes de este comportamiento contaminante es la identidad de Kaya, también conocida como modelo IPAT (Stern 2007, IPCC, 2007d). Según esta identidad, las emisiones de un país se descomponen en el producto de cuatro factores básicos:

- CO₂e/E = índice de carbonización o intensidad de carbono de la energía, definida como el CO₂e por unidad de energía consumida.
- E/PIB = intensidad energética definida como la energía consumida por unidad de PIB.
- PIB/POB = nivel del PIB per cápita.
- POB = población.

Lo cual se expresa en la siguiente ecuación:

$$CO_2e = \left[\frac{CO_2e}{E} \right] \times \left[\frac{E}{PIB} \right] \times \left[\frac{PIB}{POB} \right] \times POB$$

En esta ecuación el primer componente refleja la combinación de combustibles o fuentes energéticas de un país; el segundo se asocia a la eficiencia energética en la provisión de bienes y servicios y a otros factores, en especial el modelo de transporte y la estructura sectorial de la economía; el tercero es una medida del nivel de riqueza del país y el cuarto es la población.

El análisis de la intensidad de energía/PIB basado en los inventarios estimó un promedio regional de 0,012 terajoules por mil dólares de PIB en 2000. Nicaragua, Honduras y Guatemala tenían una intensidad mayor al promedio (entre 0,023 y 0,016). Los otros cuatro países tenían intensidades entre 0,009 y 0,006. Las tasas de crecimiento promedio de esta intensidad para el período 1990 a 2007

han sido negativas en todos los países, menos Nicaragua, que presentó un aumento de 1% anual promedio. A menudo se encuentra una relación inversa entre PIB per cápita e intensidad energética, aunque sea insuficiente para reducir el aumento absoluto de consumo de energía. La intensidad de CO₂e/energía regional según los inventarios de 2000 es de 116 TCO₂e por terajoule. El Salvador y Honduras están muy por debajo de la media regional de intensidad de CO₂e/Energía con 78 TCO₂e y 94 TCO₂e. El país con mayor intensidad es Panamá con 145 TCO₂e, seguido por Nicaragua con 135 TCO₂e, Belice con 125 TCO₂e y Guatemala con 120 TCO₂e.

Las intensidades de emisiones de CO₂e/PIB combinan los dos indicadores anteriores. El indicador sin cambio de uso de tierra varía entre 0,7 TCO₂e por mil dólares producidos en Costa Rica y 3,0 TCO₂e en Nicaragua, con un promedio regional de 1,4 TCO₂e al año 2000. Costa Rica, El Salvador, Honduras, Panamá y Belice presentan mayores tasas de crecimiento del PIB que de emisiones sin cambio de uso de suelo, indicando que sus intensidades están reduciéndose paulatinamente. Esta medida con emisiones netas incluyendo cambio de uso de tierra tenía el año 2000 un rango entre 14,7 TCO₂e en Nicaragua y 11,8 TCO₂e en Belice a 0,3 TCO₂e en Guatemala, con un promedio regional de 4,6 TCO₂e por mil dólares de PIB.

En emisiones CO₂e per cápita sin cambio de uso de tierra, Panamá y Belice presentan cifras (3,9 TCO₂e y 3,7 TCO₂e) arriba del promedio regional de 2,7 TCO₂e per cápita anual al 2000. El Salvador presenta el nivel de emisiones per cápita más bajo, 1,5 TCO₂e. Las tasas de crecimiento de este indicador varían por países. Panamá ha venido disminuyendo sus emisiones por habitante, mientras las de Guatemala han aumentado y las de Costa Rica se han mantenido en tasas cercanas a 0%. Con cambio de uso de tierra, según los inventarios de 2000, Belice tendrá emisiones netas de 40 TCO₂e per cápita al año, Nicaragua 11,3 TCO₂e, ambos arriba del promedio de 8,8 TCO₂e. Panamá tendría 3,2 TCO₂e, Honduras 2,7 TCO₂e, El Salvador 2,1 TCO₂e, Costa Rica 2,0 TCO₂e y Guatemala 0,5 TCO₂e.

Aquí se utiliza el modelo IPAT para construir un escenario tendencial o *business as usual* de emisiones al 2100 para el conjunto de países, partiendo de las trayectorias de las emisiones reportadas en los inventarios nacionales, el crecimiento de la población según CELADE, la tasa de crecimiento tendencial del PIB según el escenario macroeconómico base, los valores esperados en la prospectiva energética al 2020 y las estimaciones de consumo futuro de energía de la Unidad de Energía y Recursos Naturales (UERN) de la Sede Subregional de la CEPAL en México. Se consideran las emisiones de los sectores de energía, procesos industriales, agricultura y desechos relevantes para el análisis con consumo de energía, no así las emisiones y absorciones de cambio de uso de tierra, que responden a otros procesos. El valor de las emisiones está medido en toneladas de CO₂ equivalentes a 100 años de los gases de CO₂, CH₄ y N₂O. Se espera una ligera mejoría de la tecnología que afectará la evolución de la intensidad energética y la intensidad CO₂e/energía. Así el PIB tendría una tasa de crecimiento ligeramente superior a la del consumo de energía y ésta crecerá más rápido que las emisiones de CO₂e.

Con estos datos se asumieron supuestos sobre la intensidad energética y la intensidad carbónica en distintos períodos (2008-2020, 2020-2050, 2050-2100). Los rangos de las tasas de cambio de las intensidades energéticas para cada país son los siguientes: Costa Rica va de un rango de -0,16% a -1,30 %, El Salvador -1,17% a -1,81 %, Guatemala -1,40% a -2,02 %, Honduras -1,9% a -2,01 %, Nicaragua -0,41% a -2,32%, Panamá -0,76% a -1,39% y Belice -0,20% a -1,32%. Para la intensidad CO₂e/energía, sólo en Costa Rica y Panamá se espera una tasa de cambio de -1% para todo el período de análisis; Belice inicia con una tasa positiva de carbonización de 1,58% en el primer

período, la cual se va reduciendo hasta -1,50% en el último período; el resto termina con -1,0% pero inicia con diferentes tasas: Honduras -0,62, Nicaragua y El Salvador 0,12% y Guatemala 0,62%.

Bajo estas premisas se estiman las emisiones totales de cada país (sin considerar el cambio de uso de suelo) hasta 2100, medidas en toneladas de CO_{2e} a 100 años, las cuales se reportan en el cuadro 11.3. En este ejercicio, las emisiones totales suben de aproximadamente 88 millones TCO_{2e} en 2000 a 230 millones de TCO_{2e} en 2050 y 321 millones de TCO_{2e} en 2100. En este año, el 36% correspondería a Guatemala, seguido por Honduras (14%), Costa Rica (13%) y Panamá (13%). En cuanto a las emisiones per cápita sin CUT (véase el cuadro 11.4), el promedio regional sube de 2,70 TCO_{2e} por habitante a 5,83 TCO_{2e} por habitante. Al año 2100 Belice presenta las mayores emisiones per cápita con 9,11 TCO_{2e} por habitantes, seguido por Panamá 9,02, Costa Rica 7,97, Nicaragua 4,85, Guatemala 3,70, Honduras 3,39 y El Salvador 2,75 TCO_{2e}.

CUADRO 11.3
CENTROAMÉRICA: ESCENARIO TENDENCIAL DE EMISIONES DE CO_{2e}
(SIN CAMBIO DE USO DE TIERRA) A 2100
(En toneladas de CO_{2e})

País	2000	2010	2020	2030	2050	2100
Belice	897 240	1 131 684	1 842 815	2 767 994	3 244 695	4 448 429
Costa Rica	11 100 900	14 646 833	18 240 887	21 977 437	30 187 514	43 358 925
El Salvador	9 599 245	10 654 465	12 434 553	14 474 308	20 876 117	32 890 489
Guatemala	32 182 693	41 764 785	50 208 522	62 414 679	90 494 909	114 179 565
Honduras	10 947 280	12 266 124	15 227 114	18 225 662	27 329 769	46 365 200
Nicaragua	11 981 390	14 521 526	17 076 113	20 435 113	25 863 064	36 982 309
Panamá	11 522 540	16 394 979	20 369 284	24 919 225	31 805 146	43 186 422
Centroamérica	88 231 288	111 380 396	135 399 288	165 214 418	229 801 214	321 411 339

Fuente: Elaboración propia, modelo IPAT.

CUADRO 11.4
CENTROAMÉRICA: ESCENARIO TENDENCIAL DE INTENSIDAD CO_{2e} POR POBLACIÓN
(SIN CAMBIO DE USO DE TIERRA) A 2100
(En toneladas de CO_{2e})

País	2000	2020	2050	2100
Belice	3,66	5,08	6,66	9,11
Costa Rica	2,83	3,43	4,85	7,97
El Salvador	1,53	1,45	1,87	2,75
Guatemala	2,87	2,78	3,24	3,70
Honduras	1,76	1,61	2,20	3,39
Nicaragua	2,35	2,49	3,23	4,85
Panamá	3,91	5,10	6,41	9,02
Centroamérica	2,70	3,13	4,07	5,83

Fuente: Elaboración propia, modelo IPAT.

A partir de este escenario tendencial, con el modelo IPAT se pueden explorar las implicaciones de diferentes metas de reducciones de las emisiones y analizar los costos asociados. Con el fin de ilustrarlo, se calculan los costos para un escenario de mitigación que mantiene las emisiones constantes al nivel del año 2000 por medio de una reducción de intensidad carbónica, CO_{2e} por unidad de energía. El ejercicio propone las reducciones requeridas en distintos subperíodos para mantener las emisiones constantes. Los mayores esfuerzos tendrían que concentrarse en las primeras décadas de este siglo, ya que se requiere de una reducción con un rango entre países de -1,78% a -2,62, para el período 2020-2050. En el período 2050-2100 el esfuerzo de reducción baja a un rango entre -1,44% y -2,09%. Belice, Guatemala, Honduras y Nicaragua tendrían que realizar una mayor reducción en la relación de CO_{2e} a energía que la propuesta por el escenario base. Para Costa Rica y

Panamá, en cambio, las tasas de reducción no exigirían cambios muy fuertes en relación al escenario base. Estimando la diferencia entre las trayectorias generadas por el escenario tendencial y el escenario con estabilización, se establece el volumen de emisiones evitadas y se evaluaron los costos acumulados de 2008 a 2100 a valor presente neto (VPN) con el PIB de 2008.

Se aplicaron tasas de descuento de 0,5%, 2,4% y 8% y un precio de 10 y 30 dólares por tonelada de CO_{2e}. Así, se calcula un flujo de gastos, sin incluir los de estabilización de las emisiones relacionadas con la deforestación, ni los costos sociales de los esfuerzos de reducir la intensidad carbónica en el escenario base. Existe incertidumbre y dificultad para estimar los costos totales netos de reducciones, especialmente a largo plazo, considerando los esfuerzos sociales y económicos requeridos, no necesariamente reflejados en valores de mercado (véase el cuadro 11.5).

CUADRO 11.5
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO INICIAL DEL COSTO DE MANTENER EMISIONES DE GEI CONSTANTES
DESDE 2000 A 2100

(En porcentaje del PIB de 2008 a valor presente neto)

País	Costo por tonelada (dólares)	Costo como porcentaje del PIB			
		Tasa de descuento			
		0.5%	2%	4%	8%
Belice	10	2,54	1,70	1,15	0,67
	30	7,61	5,09	3,44	2,00
Costa Rica	10	1,10	0,67	0,41	0,22
	30	3,29	2,01	1,24	0,67
El Salvador	10	1,13	0,62	0,34	0,15
	30	3,38	1,87	1,01	0,44
Guatemala	10	2,92	1,87	1,18	0,63
	30	8,77	5,62	3,53	1,89
Honduras	10	2,72	1,48	0,82	1,48
	30	8,15	4,45	2,47	4,45
Nicaragua	10	4,05	2,49	1,56	0,90
	30	12,15	7,47	4,69	2,70
Panamá	10	1,24	0,74	0,44	0,21
	30	3,71	2,22	1,31	0,64

Fuente: Elaboración propia.

En las condiciones actuales de crecimiento, Nicaragua tendría el costo más alto en este escenario debido al menor tamaño de su PIB y sus altas intensidades energéticas y de carbonización, indicando que las tecnologías utilizadas son intensivas en emisiones. Honduras y Guatemala conformarían un segundo grupo con costos elevados, lo cual se explica en buena medida por la evolución de su intensidad energética y las reducciones esperadas en la relación de energía a PIB para lograr la meta. El Salvador y Belice tendrían costos similares. En Costa Rica y Panamá la exigencia de reducción de intensidad de emisiones es menor y sus costos son los más bajos a una tasa de descuento de 0,5%. Costa Rica tiene una de las dos economías más grandes de la región, la menor intensidad carbónica y una baja intensidad energética.

En resumen, mantener las emisiones constantes implicaría un esfuerzo significativo al acelerar el proceso de descarbonización previsto en el escenario base. Una disminución de esta intensidad probablemente tendría que ser acompañada de una reducción adicional del coeficiente de CO_{2e} a energía. En los países pequeños resulta costoso como porcentaje del PIB mantener las emisiones constantes o reducirlas (con tasas de descuento muy cercanas a cero); si no cuentan con un extensivo acceso a tecnologías más limpias y financiamiento, afectaría sus tasas de crecimiento.

ESCENARIO PROSPECTIVO DE OPORTUNIDADES DE REDUCCIÓN DE EMISIONES A 2030

Entre los métodos prospectivos que se utilizan mundialmente en el análisis de las potenciales reducciones de emisiones futuras están los dirigidos a preparar curvas de abatimiento marginales o de costos potenciales. Este tipo de análisis es útil para la formulación de políticas, por ejemplo, en la identificación de sectores con mayores opciones de inversión para reducir emisiones o en el análisis de las opciones para la utilización de los mercados de bonos. Algunas curvas analizan las oportunidades relacionadas con el consumo de energía, pero progresivamente están abarcando también las emisiones por agricultura y deforestación, especialmente en países donde estas fuentes son importantes. Por ejemplo, México ha preparado varias curvas de abatimiento con este enfoque (Barthel, 2006; Enkvist, Dinkel y Lin, 2010; SEMARNAT, 2009). A continuación se presenta un resumen de un ejercicio prospectivo inicial sobre las opciones de reducción de emisiones a 2030 con una curva de abatimiento para la región. Este ejercicio demuestra cómo se podrá utilizar este tipo de análisis y permanece abierto a investigaciones adicionales con las instituciones socias del proyecto.

La electricidad merece atención especial por la magnitud y dinámica de sus emisiones y por ser la causa principal de las emisiones industriales, residenciales y de servicios indirectos. Éstas deben ser cuantificadas de manera paralela a las de la industria eléctrica para evitar doble contabilidad. Su magnitud depende del consumo y del factor de emisión de cada sistema eléctrico nacional, que está determinado por el tipo de tecnología y plantas de generación, combustibles usados, producción anual de electricidad total y participación relativa de las fuentes. Predomina la hidroelectricidad, seguida de manera creciente por las fuentes térmicas. La cogeneración (o biomasa en ingenios) y la geotermia tienen una importancia menor (véase el cuadro 11.6).

El mayor consumo de electricidad es el de Costa Rica que concentra el 26% por la alta participación de la electricidad en la oferta energética nacional. Le sigue Guatemala con 22%, consistente con el tamaño de su economía. En contraste, Nicaragua representa el 7%. El resto de los países se ubican en un rango de 13% a 17% (véase el cuadro 11.7). El último renglón de este cuadro presenta el factor de emisión del sistema eléctrico de cada país, en toneladas de CO₂ por GWh.

CUADRO 11.6
CENTROAMÉRICA: GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD POR FUENTE
(En GWh)

Sector	1985	1990	1995	2000	2010
Hidro	8 000	12 000	10 500	15 000	17 100
Térmica	1 800	1 700	7 500	9 000	15 000
Geotérmico	800	950	1 050	2 000	2 500
Cogeneración	0	0	0	1 500	1 600
Eólico	0	0	0	0	200
Solar	0	0	0	0	0
Total	10 600	14 650	19 050	27 500	36 400

Fuente: Elaboración propia con datos de la CEPAL y OLADE. Proyecciones propias a 2010.

CUADRO 11.7
CENTROAMÉRICA: CONSUMO FINAL DE ELECTRICIDAD, 2007
 (En GWh)

Sector	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Total
Transporte	0	0	0	0	0	0	0	0
Industria	0	1 981	2 122	2 970	1 305	444	380	9 202
Residencial	0	3 337	1 612	2 370	2 096	700	1 622	11 737
Servicios	0	2 650	543	1 955	1 581	795	3 462	10 986
Primario y otros	0	394	79	0	0	215	0	688
Total	0	8 362	4 356	7 295	4 982	2 154	5 464	32 613
Factor de emisión	759	298	737	778	670	857	713	627

Fuente: Elaboración propia con datos de la CEPAL y OLADE. Balance de Energía Centroamericano.

El factor promedio (ponderado) calculado para la región es de 627 toneladas por GWh.²² Aplicando los factores de emisión al consumo de electricidad se puede obtener el inventario de emisiones correspondiente, como se reporta en el cuadro 11.8.

CUADRO 11.8
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO DE EMISIONES DE GEI INDIRECTAS POR CONSUMO DE ELECTRICIDAD 2007
 (En miles de toneladas de CO₂)

Sector	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Total
Transporte	0	0	0	0	0	0	0	0
Industria	0	590	1 564	2 311	874	381	271	5 991
Residencial	0	994	1 188	1 844	1 404	600	1 156	7 187
Servicios	0	790	400	1 521	1 059	681	2 468	6 920
Primario y otros	0	117	58	0	0	184	0	360
Total	0	2 492	3 210	5 676	3 338	1 846	3 896	20 458

Fuente: Elaboración propia.

Nota: No hay coincidencia entre las emisiones por consumo de electricidad y las imputables a la industria eléctrica en el inventario de emisiones debido a diferencia en los períodos de estimación (2000 y 2007), factores de emisión utilizados, importaciones, exportaciones, autoconsumo y pérdidas.

En función de estos cálculos se puede generar un inventario de emisiones a 2000 que identifique las emisiones de electricidad. En el cuadro 11.9 se aprecian rasgos comunes regionales de las emisiones ajustadas con electricidad, aunque hay especificidades nacionales que deben resaltarse. El sector con mayores emisiones es el agropecuario con 48% del total sin considerar cambio de uso de tierra, debido principalmente a las emisiones de metano por digestión entérica, manejo de estiércol en unidades ganaderas y cultivo de arroz; se incluye óxido nitroso como resultado de la desnitrificación de suelos agrícolas por la aplicación de fertilizantes nitrogenados en cultivos. Los volúmenes de las emisiones de metano y de óxido nitroso son relativamente pequeños, pero sus potenciales de efecto invernadero son mayores que los de CO₂.²³ Las emisiones del transporte son las segundas en importancia, con 19% de este subtotal, y comprenden básicamente las de vehículos automotores de combustión interna de gasolina y de diesel. La mayoría de los países, con excepción de Guatemala y Belice, reportan niveles similares.

²² Se utilizaron los factores de emisión por fuente de energía y la metodología del IPCC para los proyectos MDL.

²³ De 23 y 310 veces respectivamente con relación al CO₂.

CUADRO 11.9
CENTROAMÉRICA: INVENTARIO DE EMISIONES AJUSTADO CON ELECTRICIDAD, 2000
 (En miles de toneladas de CO₂e)

Sector	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Total
Transporte	429	3 061	2 287	4 513	2 094	1 235	2 783	16 402
Electricidad	93	562	1 107	2 513	1 008	1 446	901	7 630
Industria	47	725	1 297	1 331	335	449	0	4 184
Procesos industriales	0	450	444	1 235	690	306	433	3 558
Residencial y servicios	40	202	420	920	361	395	3 119	5 457
Agricultura y ganadería	244	4 609	2 512	19 471	4 442	7 101	3 204	4 583
Desechos	259	1 237	1 263	1 049	1 738	652	1 081	7 279
Subtotal sin deforestación	1	10 846	9 330	31 032	10 668	11 584	11 521	86 093

Fuente: Elaboración propia con datos de los inventarios nacionales de 2000, CEPAL, OLADE y FAO.

La generación de electricidad tiene un peso relativo de 9% regional de las emisiones sin cambio de uso de tierra. Es importante señalar que este concepto registra las emisiones a partir de combustibles fósiles. Costa Rica presenta el nivel más bajo, excluyendo a Belice, debido a que su fuente de generación es básicamente hidroeléctrica. Las emisiones industriales, atribuibles mayoritariamente a la descarbonización de la caliza en la manufactura de *clinker* por la industria cementera, son notables en todos los países. Las emisiones de metano por manejo de residuos urbanos/municipales (deshechos) contribuyen con 5% de las emisiones totales. En Guatemala y Nicaragua el sector industrial concentra la mayor parte de las emisiones indirectas por consumo de electricidad. En Panamá el sector servicios es el principal demandante de energía eléctrica y, en consecuencia, el mayor emisor; en Honduras destaca el sector residencial; las emisiones de Nicaragua y Costa Rica se concentran en los sectores residencial y de servicios. En volumen, Guatemala es el principal emisor con 28%, seguida por Panamá con 19%, Honduras y El Salvador con 16%, Costa Rica con 12% y Nicaragua con 9%.

Otra fuente de emisiones de especial atención es el cambio de uso de la tierra. Este sector se caracteriza por complejidades sociales, económicas y ecológicas. Existen incertidumbres sobre la tasa de deforestación y el contenido carbónico de diferentes tipos de bosques y hay diferentes situaciones de emisión y absorción dependiendo del país. Finalmente, diversas fuentes, estimaciones y metodologías dificultan las comparaciones entre países y períodos. En Nicaragua, Guatemala, Honduras y probablemente El Salvador, el uso de leña como fuente de energía es una práctica extensiva, pero con grandes incertidumbres en cuanto a volúmenes y su impacto en la deforestación.

Para estimar las emisiones a 2000 de este sector se partió de la información reportada por los inventarios nacionales de ese año. Esta información proviene de diferentes fuentes nacionales e internacionales, las cuales identifican diversas incertidumbres. Para corroborar estas estimaciones se tomaron en cuenta las orientaciones sobre contenido de carbono en los bosques tropicales y los factores de conversión del IPCC (2000b) y expertos regionales (Alpizar, 2008). Se revisaron también las estimaciones del Banco Mundial (2009) y FAO (2005). Así, se estimó que aproximadamente 350.000 hectáreas fueron deforestadas en los siete países de Centroamérica alrededor del año 2000, cifra reportada también por la CCAD (2010) en la Estrategia regional de cambio climático. Este nivel de deforestación es responsable por aproximadamente 250 millones TCO₂e, 74% del total de emisiones brutas.

A partir de los inventarios de emisiones y los análisis aquí descritos, es factible realizar proyecciones por sector a 2030, suponiendo tasas de crecimiento sectoriales en cada país según el escenario macroeconómico base y poblacional y una situación en la que no se modifican

sustancialmente los patrones de consumo de energía. Adicionalmente, se asume que la estructura de generación de electricidad se mantiene relativamente estable y así el factor de emisión del sector eléctrico. Los resultados deben tomarse como análisis prospectivo muy básico, ya que los inventarios son de hace diez años y es probable que después del 2020 se acelere la adopción de nuevas tecnologías. No obstante, las proyecciones permiten identificar los sectores y políticas con potencial de reducción de emisiones GEI y posibles cobeneficios relacionados con la adaptación y el desarrollo sostenible. El cuadro 11.10 presenta las estimaciones a 2030 para los siete sectores incluyendo la electricidad.

CUADRO 11.10
CENTROAMÉRICA: ESTIMADO DE EMISIONES DE GEI A 2030
(En miles de toneladas de CO₂e)

Sector	Belice	Costa Rica	El Salvador	Guatemala	Honduras	Nicaragua	Panamá	Total
Transporte	1 313	9 646	6 419	13 816	7 195	3 568	7 160	49 117
Electricidad	477	2 882	5 676	12 886	5 169	7 415	4 620	39 124
Industria	171	2 035	3 971	3 525	1 151	1 059	0	11 911
Procesos industriales	0	1 263	1 359	3 271	2 371	721	1 021	10 006
Residencial y servicios	134	535	1 179	2 658	1 240	829	8 024	14 599
Agricultura y ganadería	747	10 866	3 812	47 261	11 428	14 465	7 336	95 916
Desechos	417	1 718	1 861	2 015	2 798	905	1 546	11 260
Subtotal sin deforestación	3 259	28 944	24 277	85 433	31 351	28 962	29 708	231 933

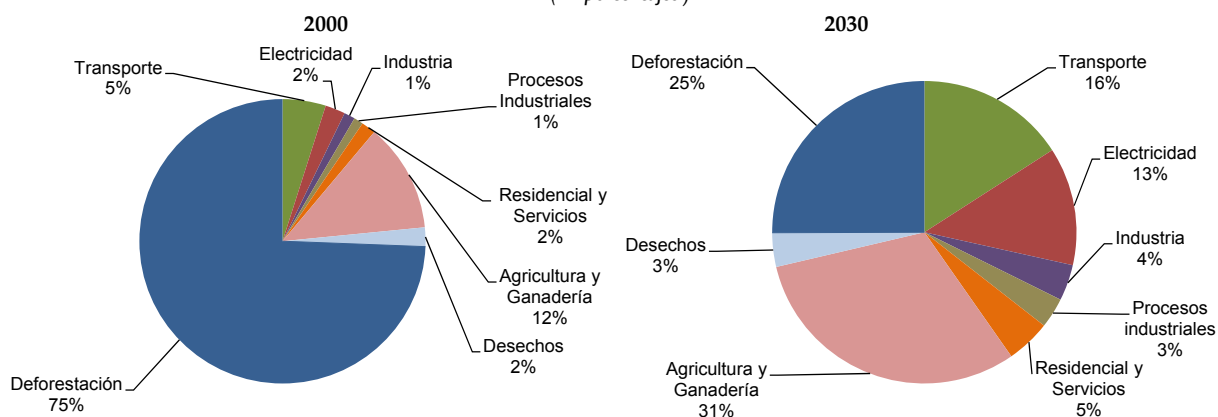
Fuente: Elaboración propia.

Para estimar las emisiones por deforestación para el escenario base de 2030 se interpolaron las tasas de deforestación estimadas para el período 2000-2005 con las tasas de 2020 y 2030 estimadas en el escenario base de cambio de uso de tierra (CUT) reportado en la sección III. La tasa regional de deforestación entre 2000-2005 se estimó en 1,5%. Según el escenario base de CUT, esta tasa promedio se reduciría a 0,7% para 2030. Con estos supuestos se estima que la deforestación en 2030 podría ser de aproximadamente 109.000 hectáreas, resultando en emisiones de aproximadamente 77.600 millones de TCO₂e. No se realizaron estimaciones futuras sobre absorción dado las incertidumbres en las mediciones de este proceso y porque el ejercicio busca identificar oportunidades para reducir emisiones. No obstante, será un elemento importante que amerita mayor investigación. Igualmente, habrá que revisar estas estimaciones iniciales con expertos nacionales y regionales y tomar en consideración los resultados del estudio actualmente en ejecución sobre el impacto del cambio climático sobre ecosistemas, incluyendo los bosques.

En resumen, con este escenario tendencial, las emisiones brutas totales anuales podrían llegar a aproximadamente 310 millones de TCO₂e en 2030, levemente menor que la estimación para 2000 de 336 millones de TCO₂e basada en los inventarios, pero con cambios sectoriales importantes. Las emisiones conjuntas de los sectores de transporte, electricidad, procesos industriales, residencial y servicios, agricultura y ganadería y desechos habrían aumentado de 88 millones de TCO₂e en 2000 a más de 230 millones, un crecimiento debido fundamentalmente a la dinámica de consumo de combustibles por el transporte automotor y a las emisiones de metano y óxido nitroso del sector agropecuario. Las emisiones por deforestación podrían haberse reducido de 74% de total en 2000 a 25% en 2030, siendo sobrepasadas por las del sector agropecuario con 31% en 2030. Aumentarían su participación los demás sectores, especialmente transporte y electricidad (véase el gráfico 11.6). Sin considerar la deforestación, el transporte (21%) y el agropecuario (47%) concentrarían dos terceras partes de las emisiones totales. Comparando las emisiones proyectadas para Centroamérica y el escenario de crecimiento de las

emisiones brutas globales, se estima que las primeras podrían representar 0,5% hacia el año 2030; 310 millones de 64.100 millones de toneladas de CO₂e (OECD, 2008).

GRÁFICO 11.6
CENTROAMÉRICA: ESTRUCTURA SECTORIAL DE LAS EMISIONES DE GEI ESTIMADAS
CON CAMBIO DE USO DE TIERRA, 2000 Y 2030
(En porcentajes)



Fuente: Elaboración propia.

La estimación del escenario tendencial permite explorar las posibilidades y los costos de reducción de emisiones en perspectiva regional. Las mayores oportunidades son las de los sectores con la participación más conspicua en el inventario: deforestación, agropecuario, transporte y electricidad. Pero es preciso introducir valoraciones de tipo tecnológico y económico para evaluar las posibles medidas de mitigación. A continuación se presenta una primera exploración de estas opciones a ser discutida y validada con los expertos nacionales y regionales.

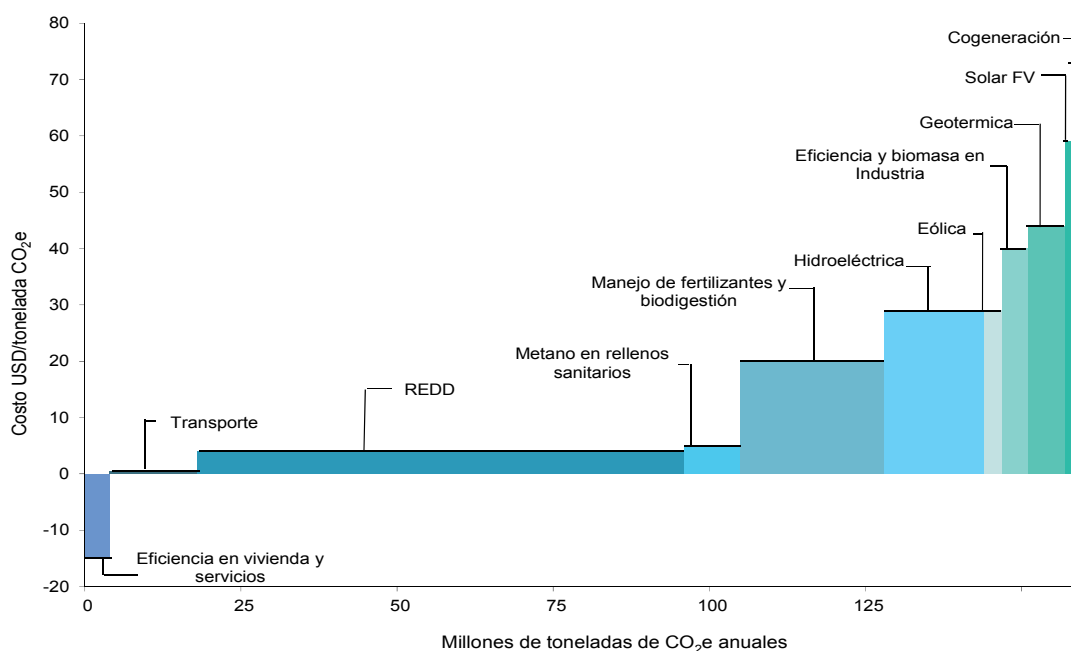
Las decisiones de política nacional y estrategia regional sobre la oportunidad y el costo de reducir emisiones tendrán que considerar la evolución de los acuerdos internacionales y otras iniciativas regionales, bilaterales o unilaterales sobre la reducción de emisiones, medidas comerciales, mecanismos de financiamiento así como de acceso y promoción de tecnología. Los países de la región tienen experiencia en reducción de emisiones por medio del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL). Hasta agosto de 2010, el MDL reportó 49 proyectos aprobados, 7 rechazados o retirados y 1 en proceso para Centroamérica. En general, los proyectos aprobados son del sector energético, 23 para hidroeléctricas y otros para energía eólica y geotérmica. Varios proyectos involucran el uso de bagazo de caña, aceite de palma y biomasa para generar energía. Hay ocho proyectos de rellenos sanitarios y aguas residuales, incluyendo uno para composta. Los países con mayor número de proyectos aprobados son Honduras y Guatemala. Belice no tiene proyecto alguno hasta la fecha.

Considerando este escenario tendencial de las emisiones, el estudio identifica opciones de mitigación, tomando en cuenta los volúmenes sectoriales y sus características tecnológicas. Con base en las fuentes citadas y en los escenarios de costo promedio de reducción por toneladas de CO₂e en cada sector, se delinea un horizonte de costos incrementales o marginales, conjugado con las diferencias sectoriales en emisiones entre el escenario tendencial o de línea base y el de reducción de emisiones. Para estimar los costos se combinan dos enfoques inductivos: análisis de diversos

parámetros y condiciones económicas, tecnológicas e institucionales de cada sector para obtener criterios de costo y análisis de costos marginales de reducción, suponiendo tecnologías de impacto y costo ascendente de reducción de emisiones (lo cual supondría niveles crecientes para los precios de carbono). Ambos enfoques se aplican a volúmenes potenciales de reducción partiendo de los inventarios de emisiones.

El análisis técnico de los resultados y los costos generan una serie de opciones de descarbonización en eficiencia energética, transporte, reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD), rellenos sanitarios, agricultura y generación de electricidad. Probablemente los campos principales con beneficios potenciales son energía y REDD. Este primer ejercicio se realizó a nivel regional agregado para ilustrar las posibilidades técnicas. Requiere ser analizado por los expertos nacionales y regionales y existe la posibilidad de realizar ejercicios nacionales. Los parámetros de costo presentados no incluyen consideraciones de ingresos derivados de la comercialización de Certificados de Reducción de Emisiones (CER) o bonos de carbono. El gráfico 11.7 ilustra la relación secuencial entre costos promedio y reducciones potenciales de emisiones hacia el 2030, que se podría interpretar como “curva” de costos marginales de reducción de emisiones para la región.

GRÁFICO 11.7
CENTROAMÉRICA: MODELAJE INICIAL DE UNA CURVA DE COSTOS MARGINALES
DE REDUCCIÓN DE EMISIONES GEI, 2030
(En dólares de Estados Unidos por tonelada de CO₂e)



Fuente: Elaboración propia.

Eficiencia energética: Considerando la literatura analizada, la eficiencia energética del sector residencial y de servicios, fundamentalmente en iluminación y aire acondicionado, presenta costos negativos de reducción de emisiones. El costo negativo se deriva de ahorros significativos en facturas eléctricas que, a lo largo del tiempo y descontados (a tasas razonables), ofrecen un valor presente positivo, tomando en cuenta el costo de inversión en equipo e instalaciones de eficiencia o energía renovable.

Transporte: Por su volumen potencial de reducción y su costo (de al menos cero), el transporte es crucial. CEPAL estima tasas de crecimiento anual de 4% del consumo de combustibles para automotores, excepto para Panamá, poco mayor a 3%. Si la tasa de crecimiento de emisiones en este sector se pudiera reducir a 2% hacia el 2030, habría una reducción de 6 millones de TCO₂e anuales respecto a los proyectados en la línea base. Los posibles instrumentos son un impuesto al carbono²⁴ que tendría que considerar el peso de los impuestos a la gasolina en la recaudación fiscal y/o un esquema de normas de emisión de CO₂ por kilómetro recorrido. Esta última medida consideraría normas de eficiencia de los países y empresas fabricantes y el cambio tecnológico a favor de autos eléctricos. El parámetro clave es la elasticidad en el precio de la demanda. A largo plazo, la elasticidad podrá ser mayor, ya que se abre la opción de renovación del parque vehicular y de cambios notables en la oferta del transporte público como el desarrollo progresivo de sistemas de BRT (autobuses rápidos confinados). Se podrá evaluar la opción de establecer un plan de actividades regional para financiar estas acciones con fondos multilaterales o del mercado de carbono.

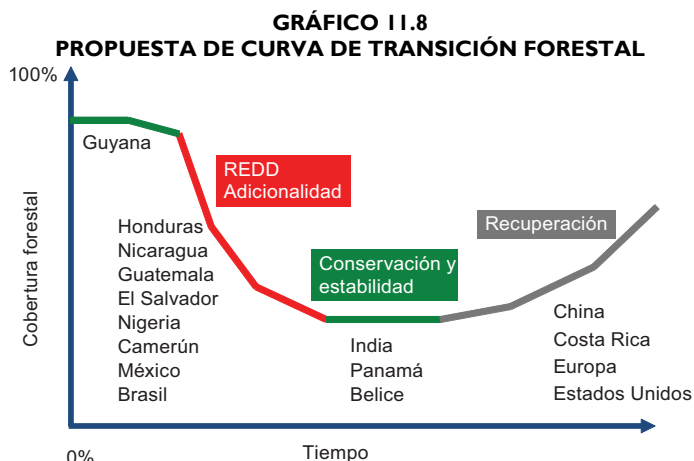
Reducción de emisiones por deforestación y degradación (REDD) y captura de carbono: Reducir la deforestación y degradación representaría un avance socioeconómico y ambiental mayor con beneficios para la biodiversidad y los servicios ambientales, incluyendo el abastecimiento de agua, la protección de cuencas hidroeléctricas, el ecoturismo y la producción agropecuaria. Involucra la oportunidad y el reto de establecer una nueva institucionalidad para la región, con potencial de abatir los problemas históricos de deforestación y pobreza rural, resolviendo el dilema entre subsistencia y conservación, sobre todo si se toman medidas de adaptación desarrollando medios de vida sostenibles y servicios básicos para la población que convive en los bosques. Al mismo tiempo, reducir las emisiones por deforestación y degradación es probablemente la mayor contribución que la región puede hacer a los esfuerzos globales de mitigación, con un considerable potencial de volumen y a costos relativamente bajos.

La posibilidad de un acuerdo internacional sobre REDD aún es incierta, pero hay varias propuestas. Una es abordar REDD bajo un fondo multilateral en el marco de la Convención. Otra es integrar a REDD en el mercado de bonos de carbono, lo cual incentivaría a la comunidad internacional a adoptar metas más ambiciosas de reducción. No obstante, hay serios retos, como la protección de los derechos de los pueblos indígenas y otras comunidades que conviven con los bosques, pero no siempre con titulación formal y espacios de negociación, las relaciones de poder en las fronteras agrícolas, la tala ilegal y las actividades ilícitas en algunas zonas. Adicionalmente habrá que establecer escenarios tendenciales realistas y tener un mecanismo para tomar en cuenta el impacto del cambio climático en los bosques y su acervo de carbono y las pérdidas por eventos extremos, como los huracanes y la sequía.

Hay también retos técnicos a resolver sobre no permanencia, fugas y adicionalidad. Éste es un concepto elusivo e implica una consideración contrafactual de lo que ocurriría en ausencia de un proyecto o una actividad determinada. Un instrumento para mitigar este problema sería la *curva de transición forestal*, donde todo proyecto desarrollado en un país ubicado en la parte de la curva con pendiente negativa sería automáticamente *adicional*, por ejemplo en Belice, Honduras, Guatemala, Nicaragua y El Salvador. Para evitar incentivos perversos, será indispensable exigir ante la CMNUCC adoptar mecanismos de premio y compensación a países exitosos en materia de conservación, como es el caso de Costa Rica y probablemente Panamá en el futuro (véase el gráfico 11.8)

²⁴ Dos opciones son: homologar progresivamente los precios de todos los países centroamericanos con los vigentes en Costa Rica o establecer un impuesto al carbono. Como las emisiones del consumo por litro de gasolina o de diesel son de 2,5 kg de CO₂, ante un costo social del carbono de 100 dólares por tonelada CO₂, el nivel del impuesto por litro sería de 0,25 de dólar.

Si se establece un acuerdo de financiamiento o un mercado internacional de REDD con reglas del juego e incentivos económicos adecuados, como precios por tonelada de CO₂ previsible, será factible plantear la meta de un esfuerzo adicional y voluntario de mitigación con tasa neta cero de deforestación (unidades de flujo considerando deforestación y reforestación), o bien la conservación del acervo regional (unidades de *stock*) forestal de carbono. Sin embargo, es preciso anticipar algunos principios, necesidades de política y de desarrollo institucional. Si este mercado no contara con un aumento significativo de las metas de los países del Anexo 1 de la CMNUCC, abatiría el precio de los bonos por sobreoferta, lo cual frenaría la descarbonización de las economías de mayores emisiones.



Metano en rellenos sanitarios: La descomposición anaeróbica de la basura municipal en tiraderos a cielo abierto y rellenos sanitarios es fuente de abundante metano. Reducir sus emisiones es factible mediante sistemas de colección y destrucción o aprovechamiento de biogás en rellenos sanitarios.

Agricultura y ganadería: Las fuentes de emisión de este sector obedecen a procesos complejos y múltiples actores. Por lo tanto, aunque hay posibilidades de mitigación, su traducción en instrumentos de política es complejo y los resultados serían difíciles de monitorear y verificar. La reducción de emisiones implica, por un lado, cualquier medida que acelere el proceso de fotosíntesis, que evite o retarde el retorno a la atmósfera del carbono almacenado en el suelo o en la materia vegetal mediante la respiración vegetal, el fuego o la erosión. Hasta el momento, no hay metodologías establecidas para determinar el balance neto de la absorción y la emisión de CO₂. Por otra parte, requiere de prácticas de manejo eficiente de nitrógeno en los cultivos, reducción del fuego y la erosión, cambio de forrajes o alimentos para ganado y evitar condiciones anaeróbicas, captura de metano en el manejo de excretas, labranza cero, manejo adecuado de residuos agrícolas, cultivo de arroz en terrenos no anegados, agroforestería, drenado y ventilación de suelos con alto contenido orgánico en condiciones anaeróbicas (turbas), control de excretas y orina en potreros de ganadería extensiva.

Generación de electricidad: Hay amplias posibilidades de reducir el factor de emisión del sistema eléctrico de la región, como en los escenarios de la Estrategia Energética Sustentable Centroamericana. Por ejemplo, en el escenario III de esta estrategia se prevé construir y operar una cartera de proyectos hidroeléctricos de diversas capacidades. La generación en este escenario dependería de recursos hídricos en 61%, a ser complementada con carbón (13%), geotermia (9%), búnker (9%), gas natural (4%), diesel (3%) y bagazo (2%) (CEPAL, 2007a). Ampliando este plan a

2030, el potencial hidroeléctrico ofrece importantes opciones de desarrollo (4,269 Mw). Se propone incluir desarrollos geotérmicos, cogeneración, eólicos y solares. La generación de electricidad renovable exige grandes inversiones de instalación, aunque su operación sea mucho más manejable que las fuentes convencionales por prescindir de combustibles fósiles. En este escenario se podrán reducir las emisiones del sector eléctrico hasta casi 14 MT anuales para 2030, relativo al escenario base. Se recomienda establecer modelos que permiten el desarrollo sostenible y social de las poblaciones aledañas a los proyectos, sobre lo cual varios países de la región están ganando experiencia.

El presente estudio muestra que los impactos y los costos futuros serán catastróficos si la tendencia actual de emisiones continúa. Los países de la región y los países isleños exigen establecer la meta global de no sobrepasar una concentración de GEI de 350 ppm CO₂e y un aumento de temperatura no mayor a 1,5 °C (CCAD/SICA, 2009). Esta meta necesitaría de mayores y más rápidas reducciones de emisiones globales, que requerirían contribuciones voluntarias de casi todos los países del mundo. Dependiendo de las condiciones, Centroamérica podría transitar a un sendero de desarrollo más sostenible y solidario, aprovechando el esfuerzo global de mitigación. Como miembros de la CMNUCC, los países de la región están comprometidos a contribuir a los esfuerzos de mitigación, siempre y cuando los países desarrollados les transfieran las tecnologías y los recursos financieros necesarios. La Estrategia Regional de Cambio Climático, actualmente en consulta en los países, propone aprovechar los fondos de mitigación y los mercados de carbono para fomentar un mayor uso de fuentes renovables, capturar carbono por reforestación y conservación del bosque existente, incentivar producción y consumo más limpios y reducir emisiones por uso de leña y labores agrícolas (ERCC, 2010).

Para los países pequeños en desarrollo, el marco de la CMNUCC ofrece mayores posibilidades de un acuerdo equitativo, pero alcanzarlo es incierto. La alternativa es un conjunto de acuerdos bilaterales o regionales, o bien de medidas unilaterales sobre emisiones y/o contenidos carbónicos. Esto ya ha empezado a ocurrir, pero en este escenario los países de Centroamérica quedan muy expuestos a cambios de requisitos de sus exportaciones. En los últimos años diversos actores han insistido en que, tarde o temprano, la amenaza del cambio climático impondrá una transición a una economía global baja en carbono. Esto podrá implicar cambios económicos, comerciales, tecnológicos y sociales a la escala de la revolución industrial. Las inversiones requeridas para reducir la intensidad carbónica variarán entre sectores. Los actores económicos que postulan esta transición tenderán a asumir mayores riesgos con la expectativa de estar en mejor posición. Por otro lado, la disponibilidad del carbón podría retrasar la transición, a menos que los costos de su efecto contaminante para la salud y el cambio climático se incorporen a su precio (Galindo y Samaniego, 2010; Enkvist, Naucclér y Oppenheim, 2008; Stern, 2007).

En este contexto, algunos países podrían considerar que sus reducciones de emisiones son mayores que los de otros, con las desventajas consecuentes para sus productores, y por ende, tomarían medidas compensatorias como un impuesto al contenido carbónico de las importaciones, el pago de derechos por las emisiones de GEI de la producción, transporte y otras etapas del ciclo de vida de sus exportaciones. Otras medidas pueden ser aranceles más elevados o impuestos al carbón sobre medios de transporte internacionales. Algunos importadores de productos de Centroamérica consideran adoptar medidas de este tipo, las cuales pueden implicar mayores costos para exportaciones y pérdida de competitividad de varios países de la región por la intensidad energética o carbónica de sus procesos productivos y de transporte.

XII. EJES POTENCIALES DE OPCIONES DE POLÍTICAS PÚBLICAS

Centroamérica enfrenta un conjunto de amenazas climáticas con diversas vulnerabilidades sociales, económicas y ambientales, las cuales magnifican los riesgos. Al mismo tiempo, los países de la región han incorporado el cambio climático a su agenda política, están desarrollando estrategias, políticas y leyes, integrando el tema en planes sectoriales nacionales y regionales, incluyendo energía, biodiversidad, áreas protegidas y recursos hídricos. Todos los países están preparando o han completado su segunda comunicación a la CMNUCC, y tienen mecanismos establecidos para utilizar el MDL. Entonces, hay urgencia de contar con el mejor análisis técnico posible para discutir con fundamento las opciones de política pública. En este sentido es importante considerar dos posibles escenarios básicos de respuesta:

Es posible que las políticas públicas, incluyendo las fiscales, sigan una lógica inercial (tendencia BAU) y se desplieguen estrategias adaptativas inadecuadas, *ad hoc* e inclusive generadoras de mayor vulnerabilidad en el mediano y largo plazos, aunque resolvieran algunas urgencias. Las decisiones arraigadas en el desarrollo agropecuario, las opciones energéticas, los usos del agua y las formas de movilidad y transportación de personas y mercancías, pasan por “decisiones normales”, las cuales fortalecen los intereses creados bajo tales políticas. En esta perspectiva, el cambio climático puede considerarse importante, pero no atendible a cabalidad dadas las restricciones presupuestarias profundizadas por la recesión económica global y de cara a las urgencias sociales y económicas que podrían enfrentarse convencionalmente.

Más recomendable sería lograr acuerdos nacionales, regionales e internacionales sobre **estrategias adaptativas sustentables**, las cuales podrían vincularse a medidas de transición a economías mas sostenibles y bajas en carbono, incluyendo la mitigación cuando implica cobeneficios de adaptación, en un conjunto de instrumentos de gestión y tiempos de implementación creador de circuitos virtuosos hacia el desarrollo sostenible y equitativo.

De este análisis se desprende que ejecutar medidas de adaptación separadas de las de mitigación podría ser impráctico para países con recursos fiscales y de inversión limitados, a pesar de que las negociaciones internacionales tienden a separarlas. A nivel nacional podría ser más adecuado priorizar estrategias adaptativas vinculadas a medidas para transitar a economías bajas en carbono y al desarrollo sostenible, incluyendo medidas de mitigación voluntarias que reduzcan vulnerabilidades y creen vínculos de los países con los mercados u otras fuentes de financiamiento potenciales.

En este segundo escenario, la actual recesión económica global y los riesgos de cambio climático crean la oportunidad de revisar la especialización productiva de las economías de la región, sus formas de inserción en los mercados regional y global, los vínculos entre sus patrones energéticos y sus externalidades negativas en emisiones contaminantes y GEI, pérdida de salud pública, pérdidas

potenciales de cosechas, debilidades de la infraestructura rural y urbana, degradación de ecosistemas y pérdida de recursos ambientales que se traducen en crecientes costos sociales y ambientales.

Las políticas públicas adaptativas sustentables y de tránsito a economías bajas en carbono que atiendan los riesgos de los escenarios de cambio climático podrían diseñarse *ex ante* en forma “empaquetada” y coherente, a partir de sinergias intra e intersectoriales en grandes bloques de políticas, con objetivos sectoriales y territoriales explícitos. Los resultados a la fecha sugieren explorar un grupo de ejes de opciones de políticas agrupados de la siguiente forma:

- Adaptación de la población humana con reducción de la pobreza y la desigualdad, incluyendo los ejes de seguridad alimentaria, gestión integral de recursos hídricos y reducción de impactos de eventos extremos con ordenamiento territorial.
- Transición a economías sostenibles, bajas en carbono y eficientes en el uso de recursos naturales, requiriendo cambios estructurales y tecnológicos en las estructuras productivas en los ejes fundamentales de seguridad y eficiencia energética, manejo sostenible de recursos hídricos y bosques y reducción de la deforestación.
- Protección de los ecosistemas naturales para mejorar su propia adaptación y por ende asegurar su provisión perdurable de servicios ecosistémicos a los seres humanos, como eje relacionado a la transición a economías sostenibles y a la adaptación.
- Medidas previsoras y proactivas de política fiscal y financiamiento como eje transversal, creando incentivos correctos para la transición económica y la adaptación.
- Aprovechamiento de las oportunidades de integración centroamericana, crítica en la gestión de recursos hídricos, energía, seguridad alimentaria, competitividad, comercio y negociaciones internacionales.

A continuación se detallan estas propuestas iniciales de opciones de políticas. Tendrán que validarse con los resultados finales de los diversos componentes y la continuación de consultas y discusiones con expertos nacionales y regionales. Su implementación nacional seguramente presentará matices y viabilidades diversas.

GESTIÓN INTEGRADA DEL RECURSO HÍDRICO

Aun sin cambio climático, el consumo del agua aumentará significativamente en la región. Con el cambio climático se estima una disminución de la disponibilidad total de agua renovable particularmente en los cinco países al norte de Costa Rica. Frente a este escenario futuro, las sociedades centroamericanas pueden dar un paso fundamental en su adaptación si se vuelven gestoras atentas y eficientes de sus recursos hídricos, aprovechando las características más favorables del conjunto de la región frente a las problemáticas compartidas y de algunos países y zonas particulares. Si el indicador clave de los esfuerzos de mitigación es la reducción de emisiones CO₂e, un indicador clave de la adaptación será la eficiencia del uso del agua per cápita y por unidad del PIB.

La gestión integral del recurso hídrico es clave para las respuestas al cambio climático en producción agrícola y seguridad alimentaria, en aumentar la contribución de la hidroelectricidad, en la protección de los bosques, otros ecosistemas y su biodiversidad, los cuales proporcionan recursos básicos para los seres humanos y para la agenda de desarrollo social y salud, con la meta de asegurar acceso a agua potable y servicios de sanidad a toda la población. Se proponen las siguientes opciones para la gestión de recursos hídricos:

- Manejar el agua en la forma de “ciclos cerrados”: protección de fuentes, colección sin desperdicio, tratamiento apropiado para su consumo, distribución sin fugas, consumo responsable, recolección, tratamiento, reutilización y reciclado del agua residual y su reintegración al ambiente, no sólo como “servicio de suministro y de saneamiento”.
- Integrar la planeación y el manejo del agua en “Cuencas Hidrográficas” coordinando con todos los niveles de gobierno para desarrollar programas de trabajo por regiones político-administrativas y asegurar su viabilidad.
- Completar la cobertura del acceso al agua potable de la población pobre para disminuir su pobreza y mejorar su resiliencia al cambio climático.
- 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 a las zonas de conservación.
- Establecer diseños y normas de infraestructura hídrica y planes de gestión flexibles que consideren posibles cambios estacionales, mayor variabilidad de precipitación y disponibilidad del agua a nivel espacial y temporal.
- Expandir los planes de generación eléctrica por fuentes renovables como la solar y la eólica para diversificar la oferta futura ante la incertidumbre de disponibilidad de agua.
- Diseñar y reordenar los asentamientos humanos y las actividades económicas de acuerdo con la disponibilidad y el desalojo 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.
- 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.
- Ampliar los estudios prospectivos sobre el volumen requerido por los ecosistemas y del potencial hidroeléctrico de las cuencas de la región y la influencia del cambio climático en él, por su aporte a la seguridad energética y a la reducción de emisiones GEI y otros contaminantes.
- Desarrollar campañas de información pública y alentar la participación responsable de todos los sectores para lograr el apoyo político y social requerido para instrumentar el uso eficiente y protección de este recurso.
- En el sector municipal controlar las fugas, asegurar su 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 adaptados 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.

- En el sector industrial y de servicios, incluyendo el turismo²⁵, implementar certificaciones comerciales como la norma ISO 14000, que prevé el uso eficiente, reciclaje y no contaminación del agua; incentivar económica y fiscalmente el reemplazo de tecnologías de uso intensivo del 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.

FORTALECER LA SEGURIDAD ALIMENTARIA Y PRODUCCIÓN AGRÍCOLA SOSTENIBLE

El sector agropecuario enfrenta el cambio climático en condiciones de alta vulnerabilidad a aumentos marginales de temperatura. Los efectos aumentarán con el avance del siglo, especialmente en el escenario A2. Habrá impactos en la producción, especialmente de granos básicos, en la agroindustria, en la economía familiar de pequeños productores y trabajadores agrícolas y en la seguridad alimentaria mediante el acceso directo a los alimentos por los productores rurales, más un aumento de los precios de los alimentos y/o escasez para los consumidores, dependiendo de las posibilidades de importaciones compensatorias. Las implicaciones, entonces, son serias para la seguridad alimentaria y la pobreza. Algunos elementos para una respuesta pueden ser los siguientes:

- Desarrollar seguros agrícolas e instrumentos de cobertura para los riesgos del sector.
- Expandir créditos e incentivos a la inversión en producción sostenible y adaptativa frente al cambio climático, particularmente para alimentos básicos y para aumentar la eficiencia del uso de agua y reducir el uso de insumos emisores de GEI y con otros efectos contaminantes.
- Analizar la factibilidad de ampliar la cobertura de área bajo riego en función de los escenarios climáticos y tecnologías eficientes disponibles.
- Diversificar las fuentes de ingreso de la población rural con una perspectiva de sostenibilidad, incluyendo pago por servicios ambientales, manejo sostenible de cuencas, agroforestería, cosecha de productos no maderables, bonos de reducciones de emisiones de GEI, 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 potenciales impactos con un sistema de divulgación de pronósticos y alerta que permita un acceso amplio de los productores a recomendaciones relativas a los ciclos productivos.
- Racionalizar el uso territorial, buscando reducir la producción agrícola en zonas no aptas en función del tipo de suelos, cambios previstos en precipitación y temperatura, e intensificándola en zonas aptas, con atención al ingreso de productores pobres y la conservación de ecosistemas naturales.
- Recuperar y restaurar tierras degradadas y promoviendo un manejo sostenible de tierras con tecnologías apropiadas, especialmente en las áreas secas.
- Ampliar la formalización de la tenencia de la tierra, incluyendo tenencia colectiva, comunitaria y de los pueblos indígenas.

²⁵ Para mayor información sobre potenciales impactos del cambio climático en el turismo, favor de referirse a CEPAL (2010i) donde identifica qué aumentos de temperatura en las próximas décadas, particularmente en julio, podrá afectar directamente al turismo, además de los diversos impactos indirectos.

- Aumentar el acceso de poblaciones rurales a servicios de educación y salud y fuentes de energía renovables como la solar y presas hidroeléctricas de menor escala, como las propuestas por la Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020.
- Ampliar las redes de productores y los servicios de innovación y extensión agrícola para identificar y difundir opciones de manejo que permitan una adaptación sostenible: cambios de cultivos y de variedades, manejo de fertilidad y retención del suelo, colecta, almacenamiento y uso eficiente del agua, tiempos de siembra, cosecha y manejo poscosecha para reducir pérdidas, agroforestería; y con atención a la agrobiodiversidad, considerando las opciones tecnológicas disponibles para la región, tanto las “modernas” como la identificación, conservación e intercambio de variedades y prácticas criollas, particularmente entre los productores de pequeña escala, afrodescendientes y de pueblos indígenas como “acervo estratégico” frente al cambio climático.
- Incorporar los análisis del cambio climático a las estrategias nacionales para el sector y coordinar esfuerzos con los actores responsables para las políticas para reducir la deforestación, proteger la biodiversidad y gestionar los recursos hídricos.

REDUCIR EL IMPACTO DE EVENTOS EXTREMOS

La región necesita asumir un enfoque proactivo, integral e intersectorial de prevención y mitigación de los efectos negativos de los eventos extremos por los actores públicos y privados, superando la respuesta de reacción. Una lección derivada de la experiencia con eventos extremos es que las sociedades tienen que prepararse para el cambio climático en un contexto de incertidumbre sobre sus múltiples impactos. Esto requiere tomar decisiones y medidas de prevención y reducción de vulnerabilidades, y fortalecer sistemas de alerta y de respuesta con la mejor información disponible y, al mismo tiempo, generar mayores capacidades de pronóstico a escalas nacional y local (Landa, Magaña y Neri, 2008). La sensibilidad de la región ante los crecientes impactos de eventos extremos facilita que la organización de las respuestas sea un canal efectivo para generar una nueva cultura que considere primordial la convivencia de la humanidad con la naturaleza, con las consecuentes prácticas socioeconómicas y de uso del territorio. Considerando este contexto, las opciones potenciales de adaptación al cambio climático y su impacto en eventos extremos son:

- Integrar en las estrategias de reducción de pobreza programas de asentamientos, infraestructura, equipamiento y vivienda segura con criterios de prevención y control de desastres.
- Establecer leyes, 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 experiencia de los autoconstructores.
- Elevar el nivel de seguridad ambiental de la infraestructura básica, incluyendo carreteras, puentes, infraestructura educativa y sanitaria y obras hidráulicas de prevención de inundaciones y sequías.
- Implementar estrategias de uso de suelo y planes de ordenamiento territorial basados en estudios técnicos, incluyendo la vulnerabilidad climática para determinar los usos urbano, agrícola, forestal y otros ecosistemas naturales, incluyendo áreas protegidas.²⁶

²⁶ El ordenamiento ambiental y urbano del territorio es una de las estrategias fundamentales para alcanzar el desarrollo sustentable y una distribución geográfica más óptima de la población, de sus actividades y de la riqueza nacional y para prevenir daños y

- Reforestar áreas costeras, laderas y áreas proclives a deslizamientos como parte de 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 costeras, las cuales son benéficas para la productividad pesquera y el ecoturismo local.
- Concientizar 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.
- Profundizar los estudios de escenarios futuros de la intensidad y frecuencia de eventos extremos y sus costos, afinar las metodologías de valorización económica y precisar requerimientos de fondos de contingencia.
- Ampliar la cobertura de evaluaciones de eventos extremos a los pequeños y medianos eventos, con impacto a nivel local y recurrencia alta para revelar mejor el riesgo.
- Adoptar los lineamientos del Marco de Acción de Hyogo para promover una cultura de prevención y reducir el riesgo de desastres con miras a un desarrollo humano sustentable.
- Elaborar políticas nacionales en la materia e incorporarlas en los planes de desarrollo nacional y en las estrategias, planes y proyectos sectoriales.
- Mejorar la capacidad de los Sistemas Nacionales de Prevención y Atención de Desastres para diseñar, promover y ejecutar políticas de administración de desastres y contar con normas adecuadas de protección civil y gestión de desastres.
- Fortalecer los mecanismos regionales de coordinación de gestión de riesgos y desastres, incluyendo la labor de CEPREDENAC y el Foro Regional de Clima.

REDUCIR LA POBREZA Y LA DESIGUALDAD: INVERTIR EN LAS CAPACIDADES DE LA POBLACIÓN EN SITUACIÓN DE POBREZA Y PROMOVER PATRONES DE CONSUMO SOSTENIBLES

Intensificar los esfuerzos para mejorar la calidad de vida de la mitad pobre de la población centroamericana es esencial, no sólo como derecho, sino para hacer factible la transición a economías más sostenibles y bajas en carbono. Las estrategias de reducción de pobreza y de cumplimiento de los ODM deben reforzarse, considerando los impactos del cambio climático.

La desigualdad y la pobreza se explican en gran parte por la estructura de los mercados de trabajo, por la cantidad y calidad de los empleos, las capacidades laborales y la heterogeneidad del aparato productivo, factores que determinan el bienestar de la mayoría de los hogares y la cohesión social. También influyen las brechas entre ingresos laborales y acceso a la protección social de los

pérdidas por eventos extremos. Por ejemplo, el asentamiento urbano extendido tiende a deteriorar los sistemas de soporte de su cuenca/región al obtener energía y materiales. Los asentamientos compactos permiten un ordenamiento urbano de baja ocupación de suelo y, por tanto, preservan la biodiversidad y facilitan la incorporación de una matriz energética baja en carbono, técnicas constructivas que reduzcan el consumo de energía en hogares y transporte y optimizan la infraestructura y equipamiento.

diferentes grupos de la fuerza de trabajo. Se recomienda reforzar la formación profesional y capacitación, acordar pactos laborales y ampliar los espacios de negociación colectiva para mejorar el potencial distributivo del salario mínimo, regular condiciones de subcontratación y trabajo a domicilio, mitigar la vulnerabilidad de los trabajadores informales y crear mecanismos de protección al desempleo. La respuesta a los impactos del cambio climático debe tomar en cuenta opciones de transformación productiva con equidad (CEPAL, 2010).

Se recomienda redoblar esfuerzos de extensión de la cobertura y calidad de la educación por su importancia en reducir la desigualdad entre generaciones y responder a la transición a una economía baja en carbono con implicaciones para sectores y productos futuros “ascendentes” y el perfil del empleo. La adaptación requiere un amplio esfuerzo de educar a la población sobre el cambio climático, patrones de vida sostenibles y derechos relacionados con protección del ambiente.

Las limitaciones de cobertura y calidad de los servicios de salud para la población en situación de pobreza, así como la reducción del acceso a agua, alimentos e ingresos, y cambios en patrones de enfermedades por el cambio climático, podrían provocar un debilitamiento serio del estado de salud de esas poblaciones. La ampliación y adaptación de servicios de salud de calidad mediante el sistema formal y las redes de salud comunitaria son un frente de trabajo importante. Habrá sinergia con otras respuestas de adaptación como la mejoría del acceso al agua y su uso eficiente, la protección de la seguridad alimentaria y medidas para reducir el uso de hidrocarburos, mayor uso de estufas mejoradas y ampliación del acceso a electricidad generada con recursos renovables.

El reducido gasto social por habitante —más alto en Panamá y Costa Rica— limita la resiliencia y las capacidades de adaptación. Los hogares en pobreza y vulnerabilidad tienden a descapitalizarse al enfrentar adversidades como las enfermedades catastróficas y choques externos como los eventos extremos, las crisis financieras y probablemente cada vez más los impactos del cambio climático. En años recientes se han implementado diversos programas de transferencias condicionadas a familias pobres para complementar el ingreso e incentivar el uso de servicios de salud y educación. Una posibilidad es ampliar la cobertura de estos programas y agregar componentes específicos que incentiven la adaptación. No obstante, a mediano plazo se plantea la necesidad de establecer una red de protección social no limitada a la población que participa en el mercado laboral formal y programas focalizados. “Existen buenas razones (*prácticas y éticas*) para defender un sistema básico de ingresos parciales garantizados, cautelando la responsabilidad fiscal y evitando incentivos perversos” (CEPAL, 2010).

Algunas medidas para reducir las emisiones de GEI podrían beneficiar a las poblaciones en situación de pobreza, como son la ampliación de servicios de transporte público, programas de eficiencia energética en alumbrado doméstico y electrodomésticos, acceso a energía eléctrica, incluyendo la generada por hidroeléctricas de pequeña escala o por paneles solares. De esta forma se podrán crear sinergias con los programas de combate a la pobreza. Es importante observar que el IPCC y el Reporte Stern consideran probable que las emisiones per cápita de las poblaciones que viven en pobreza tendrían que aumentar al menos a mediano plazo para mejorar su calidad de vida, aun en un marco de desarrollo sostenible.

Es igualmente probable que las emisiones per cápita de las clases medias y altas de Centroamérica se acerquen a las de sus homólogos en los países desarrollados. Se recomienda crear incentivos económicos y sociales para cambiar sus patrones de consumo. La educación de consumidores puede realizarse por entidades públicas y sociales y empresas privadas ya comprometidas con economías bajas en carbono. Esto ayudaría a bajar las emisiones nocivas y establecer una nueva meta social sobre qué es el progreso y una buena calidad de vida. Sin idealizar la situación de las poblaciones pobres de la región, incluyendo campesinos e indígenas, es

importante reconocer que sus conocimientos, prácticas, cosmovisiones, estilos de vida y especies utilizadas y domesticadas forman un acervo importante, aunque subvalorizado, para enfrentar el cambio climático y transitar hacia el desarrollo sostenible. Es importante realizar mayores esfuerzos para integrar, valorizar y reconocer estos acervos y las poblaciones que los mantienen. Por su naturaleza, la adaptación tendrá que realizarse considerando las condiciones y las capacidades locales, con un extenso esfuerzo de educación y participación de la población.

FORTALECER LOS SISTEMAS DE CIENCIA, INNOVACIÓN Y DESARROLLO DE TECNOLOGÍA Y CAMBIAR NORMAS TÉCNICAS EN APOYO A LA ADAPTACIÓN Y LA TRANSICIÓN A ECONOMÍAS BAJAS EN CARBONO

El acceso a la tecnología necesaria para la adaptación y la mitigación es de suma importancia para los países en vías de desarrollo. Es útil enmarcar este tema en la discusión sobre estrategias de desarrollo nacional: qué sectores apoyar a futuro y cómo reducir las brechas de productividad con el resto del mundo y entre sectores y actores económicos dentro de los países. Se recomienda apostar por sectores productivos seleccionados según la potencialidad de innovación de cada país; promover la creación y la diseminación tecnológica en perspectiva nacional e internacional y apoyar explícitamente a las pymes. Esta estrategia requiere la acción del Estado, una robusta banca de desarrollo, inversión pública en investigación y desarrollo e infraestructura, así como una coordinación entre el Estado y agentes privados. En el contexto del cambio climático, esta coordinación incluye impulsar sistemas productivos que aumenten la eficiencia energética, transiten a fuentes renovables de energía y reduzcan emisiones de GEI y otros contaminantes (CEPAL, 2010).

Un estudio reciente de la CEPAL encontró que todos los países de la región tienen instituciones de ciencia y tecnología e iniciativas para fortalecer las capacidades tecnológicas, pero en general no están suficientemente financiadas ni coordinadas, ni forman parte de un plan integral de largo plazo. En general, los indicadores de esfuerzos y resultados tecnológicos permiten concluir que en los últimos quince años no se ha logrado un desarrollo significativo de capacidades propias, con excepción de Costa Rica y Panamá (CEPAL, 2007). No obstante, en los últimos años se están formulando políticas específicas en Panamá, Guatemala, Nicaragua, El Salvador y Costa Rica. El sistema de integración cuenta con una comisión para el desarrollo científico y tecnológico de Centroamérica (CTCAP). El patrón de inserción de la región a la economía global no ha facilitado el fortalecimiento de capacidades tecnológicas. Aun en las manufacturas de exportación predominan bienes de bajo contenido tecnológico.

En relación con la importancia de identificar y aprovechar la experiencia de la región, se pueden hacer dos observaciones. La internacionalización de empresas conlleva a la adquisición de nuevos conocimientos sobre mercados, métodos de organización y tecnologías de producción. Ciertas empresas centroamericanas están pasando por esta etapa y otras ya tienen políticas de reducción de impacto ambiental y/o de carbono. Al mismo tiempo, los pueblos indígenas y las poblaciones campesinas conservan prácticas, variedades de productos que constituyen un acervo genético estratégico y conocimientos locales que contribuyen al desarrollo económico sostenible y a la conservación de su ambiente y biodiversidad. Considerando los retos de adaptación que podrán enfrentar estas poblaciones, será importante asegurarles los medios necesarios para que protejan y aprovechen este acervo y fortalezcan sus capacidades de innovación y conservación. Es importante reconocer, apoyar y asegurar la participación de estos grupos en la investigación y el desarrollo de opciones tecnológicas. En este contexto, las opciones de adaptación al cambio climático en tecnología e innovación incluyen las siguientes:

- Crear una línea de trabajo intersectorial sobre cambio climático con las instituciones del sector y las de ambiente y economía, incorporando el análisis de los escenarios de cambio climático y las opciones de respuestas a los planes de ciencia, tecnología e innovación nacionales y regionales.
- Identificar los elementos de política de ciencia, tecnología e innovación disponibles para los países después de los acuerdos de la OMC que limitan el apoyo directo a las empresas locales y el uso de tecnologías desarrolladas por otros países.
- Insistir en las negociaciones internacionales sobre el acceso necesario, incluyendo el financiamiento, a tecnologías de adaptación y mitigación en un régimen “especial” o “de excepción” a los convenios de la OMC para países en vías de desarrollo, considerando el clima como bien público global y el alto riesgo asociado al cambio climático.
- Concebir la ciencia, la tecnología y la innovación en forma integral, reconociendo el potencial de las formas “tradicionales” autóctonas y a las poblaciones que las practican como interlocutores válidos en la generación de respuestas al cambio climático.
- Aumentar la capacidad de absorción tecnológica con mayor inversión en capital humano en todos los niveles educativos, en innovación y esfuerzos de vinculación con las fuentes de generación de tecnologías de particular interés.
- Mejorar la evidencia necesaria para la toma de decisiones sobre cambio climático, fortaleciendo alianzas entre universidades, centros de investigación, empresas, asociaciones civiles, cooperantes y Naciones Unidas para: ampliar la red de servicios meteorológicos, hidrológicos y marítimos; aumentar la capacidad de investigación aplicada de los impactos del cambio climático y de tecnologías apropiadas para la adaptación y la transición a economías bajas en carbono; evaluar y divulgar experiencias locales apropiadas y conocimientos autóctonos y de otras partes del mundo para la adaptación y el desarrollo sostenible; fortalecer la capacidad para crear y gestionar planes de adaptación y reducción de emisiones, mecanismos financieros y sistemas de compensación; desarrollar un sistema de medición del contenido carbónico de los principales productos de exportación y de los patrones de consumo; preparar los análisis técnicos requeridos para formular normas que incentiven la toma de decisiones adecuadas por los actores económicos y sociales en infraestructura, transporte, vivienda, maquinaria y otros.

LIMITAR LA PRESIÓN HUMANA SOBRE LOS ECOSISTEMAS PARA MEJORAR SU CAPACIDAD DE ADAPTACIÓN Y ASEGURAR SU PROVISIÓN PERDURABLE DE SERVICIOS ECOSISTÉMICOS.

La biodiversidad y los ecosistemas contribuyen de diversas formas a los procesos de producción, distribución y consumo, y su valor económico es incuestionable. Sin embargo, éste no se refleja adecuadamente en los precios de mercado. Gran parte de los servicios ecosistémicos en Centroamérica no son valorizados, así que es difícil esperar que su valor sea “incorporado” a tiempo en los mercados para incentivar decisiones correctas sobre su uso y preservación. Las señales de pérdidas económicas vía productividad agrícola, disponibilidad de agua y otros indicadores llegarán cuando estos activos se hayan agotado, lo que ocurrirá aun sin cambio climático.

La conservación de la biodiversidad y los ecosistemas es una prioridad para la adaptación al cambio climático, pero es un reto complejo. Es necesario considerar el principio de precaución y establecer un

estándar mínimo, considerando la irreversibilidad de la pérdida biológica, el riesgo y la incertidumbre. Existen sinergias potenciales con otras medidas como mejorar la eficiencia del uso del agua, cambios hacia una agricultura más sostenible y aumento del uso de energía eléctrica por la población pobre. Las medidas de adaptación de la biodiversidad podrán enfocarse en los siguientes puntos:

- Profundizar el análisis de la vulnerabilidad de los ecosistemas y las especies a los efectos del cambio climático y en función de los hallazgos, priorizar la expansión y la conservación de áreas protegidas y corredores biológicos, para abarcar mayor escala biogeográfica y proteger potenciales refugios climáticos.
- Crear programas para que las comunidades desarrollen la capacidad de conservación y recuperación de los ecosistemas con los que conviven, incluyendo la adopción de tecnologías apropiadas para medios de vida sostenibles, aprovechando al máximo los conocimientos tradicionales y la diversificación de sus fuentes de sustento.
- Mejorar los sistemas de gestión de los bosques, incluyendo el control de la deforestación y los incendios forestales y la reforestación y la forestación.
- Proteger y conservar los arrecifes de coral, manglares, pastos marinos y litorales de vegetación y mejorar la gestión integrada de zonas costeras, incluyendo el turismo.
- Establecer y promover sistemas de regulación y certificación del ecoturismo para que contribuya a la defensa de los ecosistemas naturales.
- Restaurar las áreas con ecosistemas degradados y de baja productividad de acuerdo con criterios de calidad de la producción primaria y de la reforestación para diferentes usos: agroforestería, bosques de especies maderables de uso sostenible, no maderables, endémicas y de cobertura, que faciliten la sucesión secundaria y acrecienten la biomasa para contribuir a la captura de carbono.
- Evitar la extensión de la zona agrícola en los ecosistemas naturales, intensificando los sistemas de producción, mejorando su eficiencia y gestionando los paisajes agrícolas según objetivos de conservación.
- Identificar especies silvestres endémicas y variedades locales de producción agrícola y arbustal con mayor resistencia al cambio climático y desarrollar bancos de semillas e intercambios de los mismos entre redes de productores.
- Generar conciencia social sobre las funciones de los ecosistemas y su bienestar asociado, así como sobre las tendencias negativas que los amenazan y ampliar la valorización económica de los ecosistemas en apoyo a las decisiones sobre su conservación y protección.
- Vincular las medidas de gestión identificadas para la adaptación al cambio climático con las de las convenciones “hermanas” sobre la Diversidad Biológica y la Lucha contra la Desertificación y la Degradación.
- Integrar el análisis de los impactos del cambio climático en los ecosistemas en la gestión del recurso hídrico, la agricultura y la energía.

GARANTIZAR LA SEGURIDAD Y SOSTENIBILIDAD DE LA MATRIZ ENERGÉTICA Y MEJORAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

La región ha desarrollado una gran dependencia de fuentes energéticas importadas y de origen fósil altamente contaminantes. Transitar a una matriz energética orientada a fuentes renovables locales tendría múltiples beneficios. Se podrá evaluar la oportunidad de reducir paulatinamente y a largo plazo la tendencia de mayor dependencia regional de hidrocarburos importados en un contexto de oscilaciones de precios e inseguridad de suministro, y la creciente tendencia a utilizar carbón mineral. La contaminación de estas fuentes de energía implica costos de salud, los cuales son asumidos por los sistemas de salud pública y por la población afectada, no por los productores de hidrocarburos. Medidas para reducir esta dependencia mejorarían la seguridad energética, ahorrando divisas y reduciendo sus impactos negativos en la salud humana y las emisiones de GEI.

Los sectores energéticos de Centroamérica han producido la Estrategia Energética Sustentable al año 2020 con diversos escenarios futuros y una matriz de acciones progresivamente actualizada. Esta estrategia propone expandir las fuentes energéticas regionales renovables y menos contaminantes en relación con un escenario tendencial, incluyendo las hidroeléctricas, eólicas y geotérmicas y la importación de gas natural. Es la primera estrategia regional sectorial que considera las implicaciones de sus propuestas en términos de emisiones de GEI. Fue aprobada por los ministros de energía y los presidentes centroamericanos y tiene las siguientes metas:

- Alcanzar al menos el 90% de cobertura eléctrica en cada país.
- Reducir en 10% el consumo de leña para cocción mediante cocinas más eficiente en un millón de hogares rurales centroamericanos.
- Reducir en 12% el uso de energía eléctrica en los sectores residencial, comercial, industrial y alumbrado público, mediante sistemas de iluminación eficientes.
- Reducir en 35% el uso de energía eléctrica residencial mediante la sustitución de refrigeradores antiguos por unidades más eficientes en 2,7 millones de hogares.
- Reducir en 10% el uso de energía eléctrica en el sector industrial mediante motores eficientes.
- Llevar al menos al 12% el nivel de pérdidas en los sistemas eléctricos de los países.
- Aumentar en 11% la participación regional de fuentes renovables de producción de electricidad, privilegiando la construcción de centrales hidroeléctricas.
- Sustituir el 15% del consumo de derivados del petróleo en el transporte público y privado mediante biocombustibles.
- Reducir en 20% la emisión de GEI con respecto al escenario tendencial en el 2020, maximizando la aplicación de los certificados de reducción de carbono (CEPAL, 2007).

Con un mayor acceso a tecnología y financiamiento, la región podrá implementar esta Estrategia Energética Sustentable. El sector ha mostrado capacidad de gestión coordinada y a largo plazo, habiendo desarrollado la red de interconexión eléctrica (SIEPAC). Actualmente se trabaja en armonización de las normas de combustibles en el proceso de Unión Aduanera y en la ejecución de la Matriz de acciones para el desarrollo e integración del sector energético centroamericano, entre otras iniciativas.

Existen oportunidades de mejorar la eficiencia energética y reducir la intensidad de emisiones asociadas al uso de la energía: normas de eficiencia y de emisiones de los vehículos automotores, actividades industriales, usos domésticos y funcionamiento general de las ciudades, incluyendo el transporte público. La expansión de la generación hidroeléctrica podría dar a la población en pobreza mayor acceso a la electricidad, a reducir la leña como fuente de energía doméstica y generar la oportunidad de establecer modelos de desarrollo sostenible y social de las poblaciones aledañas a estos proyectos, sobre lo cual varios países de la región están avanzando.

TOMAR MEDIDAS PREVISORAS Y PROACTIVAS DE POLÍTICA FISCAL

Es urgente adoptar una política fiscal que incluya como tema transversal el ambiente, en especial el cambio climático. Este fenómeno podrá afectar fuertemente las finanzas públicas por diversas vías, como el aumento de las emergencias por eventos extremos e inestabilidad de la producción agrícola y de electricidad por fuentes hídricas. También puede aumentar las demandas de ampliación y ajuste de los servicios sociales y la relocalización de poblaciones y actividades económicas. La población afectada demandaría compensación por pérdidas, lo que probablemente recaería sobre el Estado. Esta lista no exhaustiva de las presiones del cambio climático sobre las finanzas públicas sugiere que el impacto económico debe ser visto como un serio pasivo contingente, que a largo plazo se tornaría mucho menos “contingente”. El valor presente del costo de no adoptar estrategias y acciones para reducir la vulnerabilidad y la adaptación sería considerable.

El Reporte Stern calificó el cambio climático como la mayor falla de mercado que ha surgido en la historia de la humanidad. El mercado tiene dificultad en valorar correctamente el cambio climático porque una gran parte de sus costos no son registrados “a precio de mercado”, como los resultados de este estudio evidencian. Éstos incluyen costos sociales y ambientales y algunos propiamente económicos a corto, mediano y largo plazo. En términos económicos, el cambio climático es una externalidad global que requiere tomar decisiones con suficiente flexibilidad para adaptarse a las condiciones cambiantes de la economía de tal manera que se asegure una distribución equitativa de los costos. Dado que se trata de una falla de mercado, el cambio climático no puede ser tratado exclusivamente como problema de las instituciones ambientales, sino como problema económico transversal. Como los mercados no pueden solucionarlo, requiere una acción colectiva encabezada por el Estado, es decir, por el conjunto de instituciones públicas y espacios de toma de decisión y acción de la sociedad. Por eso Bárcena (2009) señala que la seguridad climática es un bien público global a proteger.

El Informe Stern (2007) calcula que el impacto económico del cambio climático a nivel global podría alcanzar hasta 20% del PIB mundial al final del próximo siglo. Estima también que si se toman medidas enérgicas ahora para reducir las emisiones, el impacto podría reducirse sustancialmente y su costo sería mucho menor. La cuantificación del impacto económico del cambio climático a nivel centroamericano permite apreciar que, en un escenario B2, el estimado del costo acumulado a 2100 basado en las valorizaciones de los cuatro ámbitos estudiados es equivalente a 32% del PIB de 2008 a valor presente neto con tasa de descuento de 0,5%. En el escenario A2 subiría a 54%.

Es necesario adoptar medidas previsoras para reducir los efectos negativos de tal forma que la incidencia futura como proporción del PIB sea mínima, y crear mecanismos financieros en un contexto de desaceleración del crecimiento económico y programas de estímulo fiscal para amortiguar el impacto del cambio climático en general y alinear los incentivos fiscales para transitar hacia una economía menos dañina al ambiente. Otra tendencia que podría complicar el panorama para los países analizados es el relativo rezago de los Estados Unidos, su principal socio comercial.

La inserción internacional debería encontrar otros ejes para adaptarse a este mundo cambiante. La crisis financiera actual es una amenaza de proporciones enormes, pero podría ser aprovechada para replantear la estrategia de desarrollo, incorporando medidas para enfrentar al cambio climático.

El complejo desafío de enfrentar la crisis, impulsar y financiar el desarrollo más solidario e incluyente y tomar medidas para adaptarse al cambio climático, plantea la tarea urgente de reformar el sistema tributario y de transferencias. CEPAL (2010) ha propuesto cinco áreas estratégicas: una política macroeconómica para el desarrollo incluyente; convergencia productiva para cerrar las brechas internas de productividad con políticas industriales, tecnológicas y de apoyo a las pymes; convergencia territorial; más y mejor empleo y cierre de las brechas sociales. Estas políticas requieren pactos fiscales, estructuras tributarias progresivas y eficientes y una función redistributiva del Estado.

A pesar de los retos inmediatos de la crisis actual, los ministerios de finanzas y hacienda de Centroamérica han empezado a prestar atención al cambio climático. La región tiene experiencia en acciones como canje de deuda por financiamiento de programas de cambio climático, etiquetado de líneas presupuestarias para identificar inversión en adaptación, propuestas para fondos nacionales de cambio climático y mercados internos de bonos de carbono, requerimientos de cambio climático en planes sectoriales como parte del ejercicio presupuestal, fondos de contingencia para desastres, inversión en adaptación de la infraestructura y pago por servicios ambientales. Considerando este contexto, algunas opciones de adaptación al cambio climático en el campo fiscal podrían ser las siguientes:

- Analizar el impacto potencial del cambio climático sobre los ingresos fiscales por los efectos directos sobre los sectores productivos y sus efectos potenciales en la economía global.
- Analizar el impacto potencial sobre el gasto en sectores como la salud, programas de transferencias a poblaciones en pobreza, impactos directos sobre la población y prioridades de adaptación, como la extensión agrícola, inversión en infraestructura adaptada al cambio climático y eventos extremos de mayor intensidad, sistemas de registro de datos climáticos y seguros productivos.
- Expandir los mecanismos y las capacidades para aprovechar diversas fuentes de financiamiento para la adaptación y la reducción de emisiones y para valorizar los servicios de los ecosistemas.
- Ampliar y precisar los esquemas financieros que incentiven el manejo sustentable y la conservación de los bosques y reconozcan el valor económico de sus servicios ambientales, incluyendo los hidrológicos y de sumidero de carbono. La región tiene experiencias como el FONAFIFO de Costa Rica, el *Protected Areas Conservation Trust* de Belice, el Programa de Incentivos Forestales de Guatemala y el Programa de Certificados de Incentivos Forestales de Panamá.
- Incluir en las políticas fiscales incentivos dinámicos, combinando regulación con señales de precios, según las especificidades del sector y, en algunos casos, escalonados en el tiempo a favor de agentes económicos, procesos productivos y sectores cuya actividad reduzca externalidades socioambientales, desarrolle mayor eficiencia de uso de agua, electricidad, hidrocarburos y reduzca emisiones de GEI.
- Evaluar las opciones de seguros nacionales o regionales contra riesgos climáticos extremos.

- Ampliar los esfuerzos nacionales y regionales intersectoriales para establecer mecanismos financieros, con fuentes nacionales y externas, para financiar planes, programas de adaptación y de desarrollo sostenible, así como de gestión de riesgo y fortalecimiento de capacidades.

APROVECHAR EL SISTEMA DE INTEGRACIÓN Y ESTABLECER UNA “MARCA REGIÓN”

Centroamérica tiene una ventaja importante en su sistema de integración que debe ser aprovechada y fortalecida en el esfuerzo de respuesta al cambio climático. Sin ignorar las diversas condiciones nacionales, se han identificado varios campos en los cuales podría ser particularmente ventajoso trabajar como región, como la gestión integrada del recurso hídrico y la seguridad alimentaria, además de intensificar la experiencia en el sector ambiental y el energético ya mencionado.

En el campo propiamente dicho de cambio climático, la respuesta regional, coordinada por los Ministros de Ambiente y su Consejo Centroamericano de Ambiente y Desarrollo (CCAD), recibió un importante impulso en 2008 por la Declaración de San Pedro Sula de los Presidentes del Sistema de Integración Centroamericana, que estableció mandatos en el tema, incluyendo la preparación de una Estrategia Regional de Cambio Climático (ERCC). Esta estrategia está en etapas finales de elaboración y consulta. Cuenta con áreas programáticas en salud pública, eventos climáticos extremos, recursos hídricos, agricultura y seguridad alimentaria, recursos marino-costeros, ecosistemas forestales y biodiversidad, mitigación, fortalecimiento de capacidades, educación, concienciación, comunicación y participación ciudadana, transferencia de tecnologías, negociaciones y gestión internacional. Seguramente existen oportunidades de cooperación entre los países en el análisis de opciones de políticas nacionales y su implementación, además de los actuales esfuerzos de identificar una agenda común para las negociaciones internacionales en cambio climático (Para mayor información sobre la institucionalidad en cambio climático, véanse CCAD, 2005 y CEPAL y DFID, 2009).

En el campo de recursos hídricos, el Sistema de Integración Centroamericana ha reconocido la oportunidad y el reto del manejo integrado de este recurso desde finales de la década de los noventa. Dado que el 40% del territorio de la región está ocupado por cuencas transfronterizas, su gestión coordinada es prioritaria. El subsistema ambiental de SICA (CCAD, CEPREDENAC y CRRH) está completando la Estrategia Centroamericana de Gestión Integral de Recursos Hídricos con una perspectiva de diez años y un plan de tres años. Un próximo paso podrá ser preparar una matriz de proyectos financiables para operacionalizar la estrategia en coordinación con el sector energético, y evaluar opciones para utilizar los mecanismos de reducción de emisiones de GEI. Establecer un sistema así parece ambicioso y requerirá mucha voluntad política y esfuerzo técnico y financiero durante varias décadas. La región ya demostró capacidad al establecer un sistema integrado de suministro de energía eléctrica, el SIEPAC.

En el campo agrícola, el Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC) en su Política Agrícola Centroamericana 2008—2017 incluye un apartado de Gestión Ambiental con una Estrategia Regional Agroambiental que promueva procesos productivos para la seguridad alimentaria y la sostenibilidad ambiental, social y económica, contribuyendo a la reducción de la pobreza, e incorporar el manejo de los recursos naturales para consolidar el Corredor Biológico Mesoamericano (CAC, 2007). En 2010 el CAC aprobó la Estrategia Centroamericana de Desarrollo Rural Territorial, confirmando la necesidad de tomar acciones de adaptación y mitigación en el sector agropecuario. Desde inicios de la década anterior, el CAC ha propuesto acciones para enfrentar los efectos del cambio climático, en particular las sequías. La Estrategia para el manejo de la sequía en el sector agropecuario de Centroamérica incluye el objetivo de reducir la vulnerabilidad y el impacto de las sequías, mejorando el

conocimiento de las causas y posibilidades de influir sobre ellas y adaptar la agricultura al calentamiento global y al avance de la desertificación (Jiménez Umaña, 2002).

Igual que en recursos hídricos, en el sector agropecuario hay sinergias y oportunidades que justifican una respuesta regional coordinada. Éstas incluyen la protección de la capacidad de alimentar a la población con un enfoque regional que considere las diferentes posibilidades de producción y las opciones de fortalecer el comercio intrarregional de alimentos. En este sentido se identificó la necesidad de formular políticas aduaneras que faciliten el flujo regional de alimentos originados en países del SICA. Otra opción es crear reservas estratégicas nacionales y regionales de alimentos básicos.

Una interesante iniciativa intersectorial es la Estrategia Regional Agroambiental y de Salud (ERAS), aprobada por los Ministros de Ambiente, Salud y Agricultura y por los presidentes de los países en 2008. La estrategia se basa en una visión intersectorial y abarca cinco ejes: manejo sostenible de tierras, variabilidad y cambio climático, biodiversidad, negocios agroambientales y espacios y estilos de vida saludables. Genera un marco intersectorial que propicia respuestas coordinadas al cambio climático.

En el campo de la reducción de emisiones de GEI, la probable tendencia hacia el establecimiento de programas sectoriales podrá traer una reducción de costos de transacción si los programas son regionales. Los esfuerzos para ajustar la inserción de la región a una economía global baja en carbono puede crear la oportunidad de promover una estrategia o marca regional para caminar hacia el objetivo de cero emisiones netas o de desarrollo sostenible y equitativo, acelerando la transición a economías de servicios bajos en carbono, incluyendo un mayor encadenamiento entre los recursos naturales (bosques, agricultura, zonas costeras) con servicios como turismo, agroindustria y exportaciones a mercados nicho. Surgirán también oportunidades en las negociaciones comerciales internacionales y entre la región y sus mercados principales, donde probablemente tendrán que integrar términos sobre emisiones y contenidos carbónicos y los potenciales impactos en competitividad.

BIBLIOGRAFÍA

- ADERASA (Asociación de Entres Reguladores de Agua Potable y Saneamiento de las Américas) (2008). Ejercicio Anual de Evaluación comparativa de Desempeño – 2007, (datos año 2006) Base de Datos e Indicadores de Desempeño Para agua potable y Alcantarillado grupo regional de trabajadores de Benchmarking (GRTB), 65 pp.
- AfDB (Banco Africano de Desarrollo) y otros (2003), *Poverty and climate change: reducing the vulnerability of the poor through adaptation*, New York, Banco Mundial.
- Agencia EFE (2010), “La deforestación y el cambio climático preocupan a la Comisión Forestal de A. Latina,” [en línea] <<http://www.noticiasforestales.com/2010/05/la-deforestacion-y-el-cambio-climatico.html>> [accedido: 19 de octubre de 2010].
- Albala-Bertrand, J. M. (1993), *Political economy of large natural disasters: with special reference to developing countries*, Oxford, Clarendon Press.
- Alpízar, Edwin (2008), *Carbono fijado en bosques tropicales de Costa Rica: propuesta hipotética*, San José, Costa Rica, Centro científico tropical.
- Alpízar, Edwin (coord.) (1999), *Estudios de cambio climático en Costa Rica: componente de bosques. Vulnerabilidad de los bosques de Costa Rica ante el cambio climático: período de predicción 1999-2030*, San José, Costa Rica, Ministerio del Ambiente y Energía (MAE)/Instituto Meteorológico Nacional/Vrije University. The Institute for Environmental Studies/Comité Regional de Recursos Hidráulicos.
- Amador, J. y otros (2006), “Atmospheric forcing in the Eastern Tropical Pacific: A review,” *Progress in Oceanography*, N° 69.
- Andersen, Torben Juul (2003), “Globalization and natural disasters: an integrative risk management approach,” *Building Safer Cities: The Future of Disaster Risk*, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Autoridad Nacional Ambiental (ANAM) (2008) “Segundo Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero – Línea Base 2000, (Inédito), Panamá.
- Banco Mundial (2009) World Development Indicators Database [en línea] < <http://data.worldbank.org/indicator>> [accedido: 20 de octubre de 2010].
- Bárcena, Alicia (2009), “Institucionalidad y financiamiento para los bienes públicos globales: el caso del cambio climático,” Santiago de Chile, inédito.
- Baritto, Felipe (2008), “Disasters, vulnerability and resilience from a macro-economic perspective: lessons from the empirical evidence. Background paper for the 2009 ISDR Global assessment report on disaster risk reduction,” Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), inédito, noviembre.
- Barnett, Tim P. y otros (2005), “Penetration of human-induced warming into the world’s oceans,” *Science*, vol. 309, N° 5732, julio.
- Barthel, Claus y otros (2006), *Options and potentials for energy end-use efficiency and energy services*, Wuppertal, Wuppertal Institute for Climate, mayo.
- Bauer, Leah S. (1995), “Resistance: a threat to the insecticidal crystal proteins of *Bacillus thuringiensis*,” *The Florida Entomologist*, vol. 78, N° 3, septiembre.
- Bender y otros (2010). “Model Impact of Anthropogenic Warming on the Frequency of Intense Atlantic Hurricanes”, *Science*, Vol. 327.
- Bengtsson, Lennart y otros (2007), “How may tropical cyclones change in a warmer climate?”, *Tellus A*, vol. 59, N° 4, agosto.
- Bertranou, Fabio M. y Octavio Jiménez Durán (2005), “Social protection in Latin America: the challenges of heterogeneity and inequity,” *International Social Security Review*, vol. 58, N° 2-3, julio.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) (2010), “Sociómetro,” [en línea] <<http://www.iadb.org/sociometro/spanish/index.html>> [accedido: 20 de octubre de 2010].
- ____ (2009), “Sociómetro,” [en línea] <<http://www.iadb.org/sociometro/>> [accedido: 20 de octubre de 2010].
- Bishop, Joshua y otros (2008), *Building biodiversity business*, London, Shell International.
- Brock, William A. y Anastasios Xepapadeas (2003), “Valuing biodiversity from an economic perspective: a unified

- economic, ecological, and genetic approach," *The American Economic Review*, vol. 93, N° 5, diciembre.
- CAC (Consejo Agropecuario Centroamericano) (2007), *Política agrícola centroamericana 2008-2017: una agricultura competitiva e integrada para un mundo global*, San José, Costa Rica
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo) (2009), *Plan ambiental de la región centroamericana (PARCA) 2010-2014*, San Salvador, noviembre.
- _____ (2008), *Lineamientos de la estrategia regional de cambio climático*, Antiguo Cuscatlán, El Salvador.
- _____ (2003), *Estrategia regional para la conservación y uso sostenible de la biodiversidad en Mesoamérica (ERB)*, México, D.F., noviembre.
- CDB (Convención sobre Diversidad Biológica) (1992), "El convenio sobre la diversidad biológica," *Montreal*, [en línea] <<http://www.cbd.int/convention/>> [accedido: 19 de octubre de 2010].
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2010), *La hora de la igualdad: brechas por cerrar, caminos por abrir. Trigésimo tercer período de sesiones de la CEPAL*, (LC/G.2432(SES.33/3)), Santiago de Chile.
- _____ (2009a), *Istmo Centroamericano: estadísticas de hidrocarburos, 2008*, (LC/MEX/L.934), México, D.F., octubre.
- _____ (2009b), *Enfrentando la crisis, Istmo Centroamericano y República Dominicana: evolución económica en 2008 y perspectivas para 2009 (evaluación final)*, (LC/MEX/L.904/Rev.1), México, D.F.
- _____ (2009c), *Istmo Centroamericano: las fuentes renovables de energía y el cumplimiento de la estrategia 2020*, (LC/MEX/L.953), México, D.F.
- _____ (2008), *La energía y las metas del milenio en Guatemala, Honduras y Nicaragua*, (LC/MEX/L.843/Rev.1), México, D.F.
- _____ (2007), *Estrategia energética sustentable centroamericana 2020*, (LC/MEX/L.828), México, D.F.
- _____ (2006), *Panorama social de América Latina, 2005*, (LC/G.2288-P), Santiago de Chile.
- _____ (2002), *El impacto socioeconómico y ambiental de la sequía de 2001 en Centroamérica*, (LC/MEX/L.510/REV.1), México, D.F.
- _____ (2000), *Panorama social de América Latina, 1999-2000*, (LC/G.2068-P), Santiago de Chile.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) y DFID (UK Department for International Development) (2009), *Informe de factibilidad: economía del cambio climático en Centroamérica*, (LC/MEX/L.897), México, D.F.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe), GTZ (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica) y el Gobierno de Dinamarca (2009), *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe. Reseña 2009* (LC/L.3140), Santiago, Chile.
- Christensen, Jens H. y otros (2007), "Regional climate projections", *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, Cambridge University Press.
- Coase, R.H. (1960), "The problem of social cost," *Journal of Law and Economics*, vol. 3, octubre.
- CRED (Centre for Research on the Epidemiology of Disasters) (2009), "Emergency events database EM-DAT: the international disaster database," *Bruxelas*, [en línea] <<http://www.emdat.be>> [accedido: 19 de octubre de 2010].
- Crompton, Ryan P. y K. John McAneney (2008), "Normalised Australian insured losses from meteorological hazards: 1967-2006," *Environmental Science & Policy*, vol. 11, N° 5, agosto.
- de Groot, R.S. (1992), *Functions of nature: evaluation of nature in environmental planning, management and decision making*, Groningen, Wolters-Noordhoff.
- de María, M., y J. Kaplan (1994b), "Sea surface temperature and the maximum intensity of Atlantic tropical cyclones", *J. Climate*, Vol. 7, 1325 – 1334.
- Dore, Mohammed y David Etkin (2000), "The importance of measuring the social costs of natural disasters at a time of climate change," *Australian Journal of Emergency Management*, vol. 15, N° 3, primavera.
- Dow, Charles L. y David R. DeWalle (s.d.), "Trends in evaporation and Bowen Ratio on urbanizing watersheds in eastern United States," *Water Resources Research*, vol. 36, N° 7.
- Downing, T.E. y otros (2003), *Climate Change and Demand for Water: Final Report*, Oxford, Stockholm Environment Institute (SEI), febrero.
- Emanuel, Kerry (2007), "Environmental factors affecting tropical cyclone power dissipation," *Journal of Climate*, vol. 20, N° 22, noviembre.
- _____ (1987), "The dependence of hurricane intensity on climate," *Nature*, N° 326, abril.
- Enkvist, Per-Anders, Jens Dinkel y Charles Lin (2010), *Impact of the Financial Crisis on Carbon Economics: Version 2.1 of the Global Greenhouse Gas Abatement Cost Curve*, McKinsey & Company.
- Enkvist, Per-Anders, Tomas Nauclér y Jeremy M. Oppenheim (2008), "Business strategies for climate change," *McKinsey Quarterly*, N° 2, abril.
- Enquist, C.A.F. (2002), "Predicted regional impacts of climate change on the geographical distribution and diversity of tropical forests in Costa Rica," *Journal of Biogeography*, vol. 29, N° 4, abril.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación) (2010), "AQUASTAT: sistema de

- información de la FAO sobre el agua y la agricultura," [en línea] <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/indexesp.stm>> [accedido: 20 de octubre de 2010].
- _____. (2006), *Global Forest Resources Assessment 2005: Progress towards sustainable forest management*, Rome, Italy.
- Fernández, Walter y J.A. Barrantes (1996), "The Central American temporal: a long-lived tropical-producing system," *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, vol. 3, N° 2.
- Fernández, Walter y N. Vega (1996), "A comparative study of hurricanes Fifi (1974) and Greta (1978) and their associated rainfall distributions over Central America," *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, vol. 3, N° 2.
- Freeman, Paul K., Michael Keen y Muthukumara Mani (2003), "Dealing with increased risk of natural disasters: challenges and options," *IMF Working Papers*, N° 03/197, Washington, D.C., FMI (Fondo Monetario Internacional).
- Galindo, Luis Miguel y Carlos J. (coords.) De Miguel (2009), *La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: síntesis 2009*, (LC/G.2425), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Galindo, Luis Miguel y Joseluis Samaniego (2010), "La economía del cambio climático en América Latina y el Caribe: algunos hechos estilizados," *Revista de la CEPAL*, N° 100 (LC/G.2442-P), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), abril.
- García, Luis A. y Walter Fernández (1996a), "Distribución estacional e interanual de la lluvia en El Salvador," *Revista Geofísica*, N° 45.
- _____. (1996b), "Distribución de la lluvia con la altitud en la región occidental de El Salvador," *Revista Geofísica*, N° 45.
- Hallegatte, Stéphane (2009), "Strategies to adapt to an uncertain climate change," *Global Environmental Change*, vol. 19, N° 2, mayo.
- Hannah, L. y otros (2002), "Conservation of biodiversity in a changing climate," *Conservation Biology*, vol. 16, N° 1, febrero.
- Hansen, James E. (2005), "A slippery slope: how much global warming constitutes "dangerous anthropogenic interference?" *Climatic Change*, vol. 68, N° 3.
- Hegerl, Gabriele C. y otros (2007), *Understanding and attributing climate change*, 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, Cambridge University Press.
- Henderson-Sellers, A. y otros (1998), "Tropical cyclones and global climate change: a post-IPCC assessment," *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 79, N° 1, enero.
- Hernández, Aurora y Mayrand Ríos (2006), *América Central y la Convención de Naciones Unidas sobre derechos de los cursos de aguas internacionales para fines distintos para la navegación*, Heredia, CEMEDE/CRRH.
- Hochrainer, Stefan (2009), *Assessing the macroeconomic impacts of natural disasters: are there any?*, Policy Research Working Paper, N° 4968, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Holland, G.J. (1997), "The maximum potential intensity of tropical cyclones", *Journal of the Atmospheric Sciences*, vol. 54, N° 21.
- IICA (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura) (2007), *Política agrícola centroamericana 2008-2017: una agricultura competitiva e integrada para un mundo global*, San José, Costa Rica.
- IMN (Instituto Meteorológico Nacional)/ Ministerio de Salud (2008), *Efectos del clima, su variabilidad y cambio climático sobre la salud humana en Costa Rica*, San José, Costa Rica.
- INBio (Instituto Nacional de Biodiversidad) (2004), *Biodiversidad en Centroamérica*.
- IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2007a), *Cambio climático 2007: evaluación de la vulnerabilidad e impactos del cambio climático y del potencial de adaptación en América Latina*, Lima.
- _____. (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 el Cambio Climático*, Ginebra.
- _____. (2007c), *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, Cambridge University Press.
- _____. (2007d), *Climate change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- _____. (2007e), *Climate change 2007: mitigation of climate change. Contribution of working group III to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- _____. (2001a), *Climate change 2001: the scientific basis. Contribution of working group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- _____. (2001b), *Climate change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- _____. (2001c), "Glosario de términos," *Cambio climático 2001: informe de síntesis*, Ginebra.
- _____. (2000a), *IPCC special report: emissions scenarios. A special report of IPCC working group III*, Cambridge, Cambridge University Press.

- _____ (2000b), *Uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura*, Informe especial del Grupo de Trabajo III, IPCC, PNUMA, OMM.
- Jaramillo H., Christian R. (2009), *Do natural disasters have long-term effects on growth?*, Documentos CEDE, N° 24, Bogotá, Universidad de los Andes, noviembre.
- Jiménez, Blanca y Takashi Asano (eds.) (2008), *Water reuse: an international survey of current practice, issues and needs*, London, IWA Publishing.
- Jiménez Méndez, M. (2009), "Resiliencia de los ecosistemas naturales terrestres de Costa Rica al cambio climático," tesis, Turrialba, Costa Rica, Programa de educación para el desarrollo y la conservación (CATIE).
- Jiménez Umaña, Manuel (2002), *Estrategia para el manejo de la sequía en el sector agropecuario de Centroamérica*, San José, Costa Rica, Secretaría del Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC), enero.
- Kellenberg, Derek K. y Ahmed Mushfiq Mobarak (2008), "Does rising income increase or decrease damage risk from natural disasters?," *Journal of Urban Economics*, vol. 63, N° 3, mayo.
- Kemp-Benedict, Eric, Charles Heaps y Paul Raskin (2002), "Global scenario group futures: technical notes," *PoleStar Series Report*, N° 9, Boston, Stockholm Environment Institute.
- Knutson, T. R. y R. E. Tuleya (1999), "Increased hurricane intensities with CO₂-induced warming as simulated using the GFDL hurricane prediction system," *Climate Dynamics*, N° 15.
- Knutson, Thomas R. y otros (2001), "Impact of CO₂-induced warming on hurricane intensities as simulated in a hurricane model with ocean coupling," *Journal of Climate*, vol. 14, N° 11.
- Kuik, Onno, Luke Brander y Richard S. J. Tol (2009), "Marginal abatement costs of greenhouse gas emissions: a meta-analysis," *Energy Policy*, vol. 37, N° 4, abril.
- Landa, Rosalva, Víctor Magaña y Carolina Neri (2008), *Agua y clima: elementos para la adaptación al cambio climático*, México, D.F., Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)/Universidad Nacional Autónoma de México. Centro de Ciencias de la Atmósfera.
- Lennart Bengtsson, N. y otros (2007), "How may tropical cyclones change in a warmer climate?," *Tellus A*, vol. 59, N° 4, agosto.
- Levitus, S., J. Antonov y T. Boyer (2005), "Warming of the world ocean, 1955–2003," *Geophysical Research Letters*, vol. 32, N° 2.
- Loa, Eleazar y otros (1998), "Uso de la biodiversidad," *La diversidad biológica de México: estudio de país 1998*, México, D.F., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO).
- Loayza, Norman y otros (2009), "Natural disasters and growth: going beyond the averages," *Policy Research Working Paper*, N° 4980, Washington, D.C., Banco Mundial.
- López, Alexander (2009), *Política de la subregión Centroamericana hacia el V Foro mundial del agua: Estambul 2009*, Red Intersectorial de Organismos del Agua (RIO-AGUA Centroamérica).
- López, Ramón (2009), "Natural disasters and the dynamics of intangible assets," *Policy Research Working Paper*, N° 4874, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Losilla, Marcelino y otros (2001), *Los acuíferos volcánicos y el desarrollo sostenible en América Central*, San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica.
- Luijten, Joep, Lera Miles y Emil Cherrington (2006), *Land use change modelling for three scenarios for the MAR region: technical report*, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), octubre.
- Mabey, Nick y otros (1997), *Argument in the greenhouse: the international economics of controlling global warming*, London, Routledge.
- Magaña, Víctor, Jorge A. Amador y Socorro Medina (1999), "The midsummer drought over Mexico and Central America," *Journal of Climate*, vol. 12, N° 6.
- Magrin, Graciela y otros (2007), "Latin America," *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Markandya, Anil y Suzette Pedrosa-Galinato (2009), "Economic modeling of income, different types of capital and natural disasters," *Policy Research Working Paper*, N° 4875, Washington, D.C., Banco Mundial.
- MARENA (Ministerio de Ambiente y los Recursos Naturales) (2008), "Resumen Ejecutivo. Segundo inventario nacional de gases de efecto invernadero, Nicaragua".
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2009), "Inventario nacional de gases de efecto invernadero El Salvador Año 2000".
- _____ (2000), *Impactos del cambio climático en el sector agropecuario de la zona costera de El Salvador*, San Salvador.
- MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales) (2007), Programa Nacional de Cambio Climático, "Resumen: Inventario de gases de efecto invernadero año 2000 [Versión preliminar], Guatemala.
- Miaou, Shaw-Pin (1990), "A class of time series urban water demand models with nonlinear climatic effects," *Water Resources Research*, vol. 26, N° 2.

- MINAET (Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones), Instituto Meteorológico Nacional (2009), "Inventario nacional de emisión de gases con efecto invernadero y de absorción de carbono en Costa Rica en el 2000 y 2005", San José, Costa Rica.
- MINR (Ministry of Natural Resources and the Environment) (2007), "Belize Country Report, Second National Communication to the UNFCCC, Green House Gases Inventory for the Land Use, Land Use Change and Forestry Sector.
- Mora, Jorge y otros (2010), *Panamá: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.971), México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Murphy, James M. y otros (2004), "Quantification of modelling uncertainties in a large ensemble of climate change simulations," *Nature*, N° 430.
- Naciones Unidas (2009), *Objetivos de desarrollo del Milenio: informe 2009.*, Nueva York, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de las Naciones Unidas.
- Nagy, G. J. y otros (2006), *Understanding the potential impact of climate change and variability in Latin America and the Caribbean: report prepared for the Stern Review on the Economics of Climate Change.*
- Nordhaus, William D. (2007a), "A review of the Stern review on the economics of climate change," *Journal of Economic Literature*, vol. 45, N° 3, septiembre.
- _____ (2007b), "Critical assumptions in the Stern review on climate change," *Science*, vol. 317, N° 5835, julio.
- Nordhaus, William D. y Joseph Boyer (2000), *Warming the world: economic models of global warming*, Cambridge, Mass., MIT Press.
- Noy, Ilan (2009), "The macroeconomic consequences of disasters," *Journal of Development Economics*, vol. 88, N° 2.
- Núñez, Lautaro, Martin Grosjean y Isabel Cartajena (2001), "Human dimensions of late pleistocene/holocene arid events in Southern South America," *Interhemispheric Climate Linkages*, San Diego, Academic Press.
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos) (2008), *Prospectiva medioambiental de la OCDE para el 2030: resumen en español*, París.
- Okuyama, Yasuhide y Sebnem Sahin (2009), "Impact estimation of disasters: a global aggregate for 1960 to 2007," *Policy Research Working Paper*, N° 4936, Washington, D.C., Banco Mundial.
- OMS (Organización Mundial de la Salud)/UNICEF (Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia) (2010), "OMS / UNICEF joint monitoring programme (JMP) for water supply and sanitation," [en línea] <<http://www.wssinfo.org/en/welcome.html>> [accedido: 20 de octubre de 2010].
- OPS (Organización Panamericana de la Salud) (2002), *Status report on malaria programs in the Americas (based on 2001 data)*, Washington, D.C., septiembre.
- Ordaz, Juan Luis y otros (2010a), *Costa Rica: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.972), , México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- _____ (2010b), *El Salvador: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.969), , México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Padilla, Ramón y Jorge Mario Martínez (2007), *Apertura comercial y cambio tecnológico en el Istmo Centroamericano*, serie Estudios y perspectivas, N° 81 (LC/MEX/L.777), México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Pearce, David (1992), "Economic valuation and the natural world," *Policy Research Working Paper*, N° 988, Washington, D.C., Banco Mundial.
- Penman, H. L. (1948), "Natural evaporation from open water, bare soil and grass," *Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, vol. 193, N° 1032, abril.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2007), *Human development report 2007 2008: fighting climate change: human solidarity in a divided world*, New York, Palgrave Macmillan.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) (2007), *Global environment outlook 4: environment for development*, Nairobi.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente)/CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo) (2005), *GEO Centroamérica: perspectivas del medio ambiente 2004*, México, D.F., septiembre.
- PNUMA/PNUD/EIRD/Banco Mundial (2010), "The PREVIEW global risk data platform," [en línea] <<http://preview.grid.unep.ch/index.php>> [accedido: 20 de octubre de 2010].
- Pounds, J. Alan, Michael P. L. Fogden y John H. Campbell (1999), "Biological response to climate change on a tropical mountain," *Nature*, N° 398, abril.
- Raddatz, Claudio (2009), "The wrath of God: macroeconomic costs of natural disasters," *Policy Research Working Paper*, N° 5039, Washington, D.C., Banco Mundial.

- Ramírez, Diana, Juan Luis Ordaz y Jorge Mora (2009), *Istmo Centroamericano: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.924/Rev.1), México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ramírez, Diana y otros (2010a), *Belice: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.962), México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- _____. (2010b), *Guatemala: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.963), México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- _____. (2010c), *Nicaragua: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.964), México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- _____. (2010d), *Honduras: efectos del cambio climático sobre la agricultura*, (LC/MEX/L.965), México, D.F., Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Ramírez, P. (1983), "Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica," *Nota de Investigación*, N° 5, San José, Costa Rica, Instituto Meteorológico Nacional/Ministerio de Agricultura y Ganadería.
- Rasmussen, Tobias N. (2004), "Macroeconomic implications of natural disasters in the Caribbean," *IMF Working Papers*, N° 04/224, Washington, D.C., FMI (Fondo Monetario Internacional).
- Rojas, Manrique y Jaime Echeverría (2003), *Estimación de la demanda sectorial del agua en Centroamérica bajo tres escenarios futuros: 2010-2030-2050*, San José, Costa Rica, enero.
- Romanenko, V.A. (1961), "Computation of the autumn soil moisture using a universal relationship for a large area," *Proceedings. Ukrainian Hydrometeorological Research Institute*, N° 3, Kiev.
- RUSI (Royal United Services Institute) (2009), *Climate related impacts on national security in Mexico and Central America*, Londres, octubre.
- Sadowski, Nicole Cornell y Daniel Sutter (2005), "Hurricane fatalities and hurricane damages: are safer hurricanes more damaging?," *Southern Economic Journal*, vol. 72, N° 2, octubre.
- Samaniego, Joseluis y Juan Pablo Bonilla (coords.) (2010), *Cambio climático: una perspectiva regional. Cumbre de la Unidad de América Latina y el Caribe (22-23 febrero 2010 : Riviera Maya, México)*, (LC/L.3207), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Samaniego, Joseluis y otros. (2009a), *La economía del cambio climático en Chile: síntesis*, (LC/W.288), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Samaniego, Joseluis (coord.) (2009b), *Climate change and development in Latin America and the Caribbean: overview 2009*, (LC/L.3140), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), noviembre.
- _____. (2009c), *Cambio climático y desarrollo en América Latina y el Caribe: una reseña*, Documentos de proyectos, N° 232 (LC/W.232), Santiago de Chile, Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).
- Sauma, Pablo (2005), "Documento conceptual y metodológico sobre protección social," Proyecto "Implicaciones de la política macroeconómica, los choques externos, y los sistemas de protección social en la pobreza, la desigualdad y la vulnerabilidad en América Latina y el Caribe", inédito.
- Schultz, D. M., W. E. Bracken y L. F. Bosart (1998), "Planetary- and synoptic-scale signals associated with Central American cold surges," *Monthly Weather Review*, N° 126.
- SEMARNAT (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales) (2009), *La economía del cambio climático en México*, agosto.
- SERNA (Secretaría de Recursos Naturales y Ambiente), Programa Nacional de Cambio Climático/ PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo) (2008), "Segundo inventario de emisiones y sumideros de gases efecto invernadero en Honduras año 2000.
- SICA (Sistema de la Integración Centroamericana)/CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo)/PROARCA-Costas (Proyecto Ambiental Regional para Centroamérica Componente de Manejo de la Zona Costera) (2001), *Proyecto: "Base de datos e informe sobre el estado de las áreas costero-marinas en América Central"*. Informe técnico 2001, San José, Costa Rica, septiembre.
- SIECA (Secretaría de Integración económica Centroamericana) (2007) Centroamérica: Tarifas de Servicios Públicos y Salarios Mínimos Vigentes al 2007, www.sieca.org.gt
- Sistema de Naciones Unidas El Salvador (2009), *Evaluación climática del Marco nacional de las Naciones Unidas para el Desarrollo: El Salvador 2007-2011*, San Salvador, septiembre.
- Skidmore, Mark y Hideki Toya (2002), "Do natural disasters promote long-run growth?," *Economic Inquiry*, vol. 40, N° 4.
- Solow, Andrew, Stephen Polasky y James Broadus (1993), "On the measurement of biological diversity," *Journal of Environmental Economics and Management*, vol. 24, N° 1.
- Stadthagen Vogl, Roberto (ed.) y otros (2001), *Nicaragua: primera comunicación nacional sobre cambio climático presentada ante la Convención marco de las Naciones Unidas sobre cambio climático*, Managua, Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA)/Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), marzo.
- Stern, Nicholas (2008), *Key elements of a global deal on climate change*, Londres, London School of Economics and

- Political Science.
- _____ (2007), *The Economics of Climate Change: The Stern Review*, Cambridge, Cambridge University Press.
- Thornthwaite, C. W. (1948), "An approach toward a rational classification of climate," *Geographical Review*, vol. 38, N° 1, enero.
- Tol, Richard S. J. (2006), "The Stern Review of the economics of climate change: a comment," *Energy & Environment*, vol. 17, N° 6, noviembre.
- _____ (2003), "Is the uncertainty about climate change too large for expected cost-benefit analysis," *Climatic Change*, N° 56.
- Tol, Richard S. J. y Gary W. Yoho (2009), "The Stern Review: a deconstruction," *Energy Policy*, Energy Policy, vol. 37, N° 3.
- Toya, Hideki y Mark Skidmore (2007), "Economic development and the impacts of natural disasters," *Economics Letters*, vol. 94, N° 1.
- Trenberth, Kevin E. y David P. Stepaniak (2001), "Indices of El Niño evolution," *Journal of Climate*, N° 14.
- Turc, L. (1961), "Estimation of irrigation water requirements, potential evapotranspiration: a simple climatic formula evolved up to date," *Annales Agronomiques*, N° 12.
- _____ (1954), "Le bilan d'eau des sols: relation entre les précipitations, l'évaporation et l'écoulement," *Annales Agronomiques*, N° 5.
- UNEP/DEWA/GRID-Europe (2009), "Global Resource Information Database (GRID)-Europe," [en línea] <<http://www.grid.unep.ch/>> [accedido: 2009].
- Verburg, Peter H. y otros (2002), "Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model," *Environmental Management*, vol. 30, N° 3, septiembre.
- Weitzman, Martin L. (2007), "A review of the Stern review on the economics of climate change," *Journal of Economic Literature*, vol. 45, N° 3.
- _____ (1992), "On diversity," *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 107, N° 2, mayo.
- Wong, S. T. (1972), "A model on municipal water demand: a case study of Northeastern Illinois," *Land Economics*, vol. 48, N° 1.
- WRI (Instituto de Recursos Mundiales) (2006), *Watershed analysis for the Mesoamerican reef*, Washington, D.C.
- Xu, C.-Y. y V. P. Singh (1998), "Dependence of evaporation on meteorological variables at different time-scales and intercomparison of estimation methods," *Hydrological Processes*, vol. 12, N° 3, marzo.
- Zeng, Zhihua, Yuqing Wang y Chun-Chieh Wu (2008), "Environmental dynamical control of tropical cyclone intensity: an observational study," *Monthly Weather Review*, N° 135.
- Zúñiga, Teresa R. (coord.) (2002), *El corredor biológico mesoamericano: una plataforma para el desarrollo sostenible regional*, Managua, Proyecto Corredor Biológico Mesoamericano, mayo.

