

QUINTO INFORME ESTADO DE LA REGION

Los retos de la adaptación incluyente y sostenible en Centroamérica

Investigadores
Julie Lennox
Jaime Olivares

2015



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra



CONARE
CONSEJO NACIONAL
DE RECTORES



2016



PRESANCA II - PRESISAN



Segundo Programa
de Apoyo a la Integración
Regional Centroamericana
PAIRCA II

Sistema de Integración Centroamericana | Eje Político

El contenido de esta ponencia es responsabilidad del autor. El texto y las cifras de esta investigación de base pueden diferir de lo publicado en el Quinto Informe Estado de la Región en el tema respectivo, debido a revisiones y posteriores consultas. En caso de encontrarse diferencias entre ambas fuentes, prevalecen las publicadas en el Informe.

Índice de contenidos

Resumen ejecutivo.....	5
Introducción.....	7
1. El clima en Centroamérica: vulnerabilidad frente a la variabilidad y el cambio climático.	8
1.1. Cambios potenciales en el patrón intraannual	19
2. Impactos potenciales en sectores claves.....	21
2.1. Disponibilidad del agua	22
2.2. Impactos potenciales en la hidroelectricidad.....	24
2.3. Impactos potenciales en la agricultura	28
2.3.1. Producción y rendimientos de maíz frente al cambio climático.....	31
2.3.2. Producción y rendimientos de frijol frente al cambio climático.....	34
2.3.3. Producción y rendimientos de arroz frente al cambio climático	37
2.4. Impactos potenciales en los ecosistemas	44
3. Posible evolución de emisiones de GEI.....	52
4. Opciones de políticas de respuesta que priorizan la adaptación incluyente y sostenible	59
Bibliografía	67

Índice de gráficos

Gráfico 1. Centroamérica: Temperatura media anual y su filtro Hodrick-Prescott. 1950 - 2006	10
Gráfico 2. Centroamérica: Precipitación acumulada anual y su filtro Hodrick-Prescott, 1950 - 2006	11
Gráfico 3. El Salvador, Ilopango. Número de eventos que sobrepasan umbrales. 1971-2011	16
Gráfico 4. Centroamérica. Precipitación mensual, promedio 1980–2000 y escenario A2 con cortes a 2100	20
Gráfico 5. Planta Chixoy: resultados de simulaciones, escenario A2. 2020 - 210025	

Gráfico 6. Planta Cerrón Grande: resultados de simulaciones, escenario A2. 2020 - 2100	25
Gráfico 7. Centroamérica: superficie y producción de maíz. 1980-2011	29
Gráfico 8. Centroamérica: producción y superficie de frijol. 1980-2011	30
Gráfico 9. Centroamérica: producción y superficie de arroz. 1980-2011.....	30
Gráfico 10. Centroamérica: Producción neta, exportaciones, importaciones y consumo aparente de granos básicos, 1980 y 2011	41
Gráfico 11. Centroamérica: superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100.....	46
Gráfico 12. Centroamérica: estructura sectorial de las emisiones brutas de GEI estimadas con cambio de uso de tierra, 2000 y 2030	53
Gráfico13. Países seleccionados. Composición del gasto de los hogares en energía para transporte (gasolina, diésel, biodiésel) por quintiles.....	54
Gráfico 14. Países seleccionados. Propiedad de automóviles por quintiles.....	55
Gráfico 15. América latina. Relación entre la tasa de motorización y el PIB per cápita, 2003-2010.....	57
Gráfico 16. Ciudades seleccionadas. Concentraciones de PM10 y PM2.5.	58

Índice de cuadros

Cuadro 1. El Salvador, Ilopango: Número de eventos que sobrepasan umbrales, 1971 - 2011	17
Cuadro 2. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de maíz en escenarios B2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100	31
Cuadro 3. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de frijol con escenario B2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	34
Cuadro 4. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de arroz con escenario b2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100.....	37

Índice de recuadros

Recuadro 1. Evidencia de variabilidad climática: el caso de Ilopango, El Salvador	15
Recuadro 2. Recomendaciones para la Adaptación de Recursos hídricos	23
Recuadro 3. Recomendaciones para Adaptación de Generación hidroeléctrica ..	26
Recuadro 4. Recomendaciones para granos básicos frente al cambio climático..	42
Recuadro 5. Recomendaciones para la adaptación de ecosistemas boscosos al cambio climático.....	50
Recuadro 6. El Caso por la inversión en transporte urbano público en tiempos de cambio climático.....	53

Resumen ejecutivo¹

Centroamérica ya es una de las regiones más expuestas a las consecuencias del cambio climático. Así, al ser un istmo estrecho entre dos continentes y entre los océanos Pacífico y Atlántico, es una zona recurrentemente afectada por sequías, ciclones y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS). El cambio climático está magnificando sus vulnerabilidades socioeconómicas e incidirá cada vez más en su evolución económica, dado que los factores dependientes del clima son decisivos para las actividades productivas, como la agricultura y la generación hidroeléctrica, y para sus habitantes y ecosistemas.

La región contiene valiosos acervos naturales y culturales que requieren ser preservados y valorados por su contribución al desarrollo de las generaciones actuales y futuras. Sus ecosistemas y la abundante biodiversidad proveen múltiples productos y servicios, incluyendo la polinización, control de plagas, regulación de la humedad, caudales y clima local, pero se están deteriorando por el patrón de desarrollo insostenible. Al mismo tiempo, se estima que Centroamérica produce una mínima parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) globales; menos de 0,3% de las emisiones sin cambio de uso de tierra y menos de 0,8% de las emisiones brutas totales²).

El cambio climático podría considerarse un fenómeno que solamente nos afectaría en un futuro lejano, pero los crecientes impactos de eventos extremos, como la depresión tropical 12E y la intensificación de las sequías en los últimos años, están evidenciando que se deben tomar medidas urgentes frente a estas perturbaciones del clima. La presión de los rezagos sociales y económicos existentes y las restricciones presupuestarias profundizadas por la recesión global pudieran ser un argumento para posponer las medidas necesarias. No obstante, la realidad nos exige que las medidas de reconstrucción se realicen de forma diferente que en el pasado a fin de reducir la vulnerabilidad y los costos de los próximos eventos extremos y enfrentar la amenaza del cambio climático.

¹ Este informe técnico fue preparado por Julie Lennox y Jaime Olivares de la Unidad Agrícola y de Cambio climático de la Sede Subregional en México de la CEPAL y se basa en las publicaciones de la iniciativa *La economía del cambio climático en Centroamérica*, gestionado desde 2008 entre los Ministerios de Ambiente y Hacienda o Finanzas de los países de Centroamérica con la coordinación técnica de la CEPAL. La iniciativa se ha beneficiado del apoyo financiero de UKAID/Departamento Internacional del Reino Unido (DFID) y del Organismo Danés de Desarrollo Internacional (DANIDA). Otra fuente son las publicaciones del Programa técnico sobre cambio climático y gestión integral de riesgo entre el Consejo Agropecuario Centroamericano de los Ministerios de Agricultura de los países SICA y la CEPAL (véase en línea en www.cepal.org/mexico/cambioclimatico y www.cepal.org/mexico/Dagricolayrural), y de publicaciones de la Unidad de Cambio climático de la División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL, en particular su programa con Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) y financiado por el Ministerio Federal de Cooperación Económica y Desarrollo de Alemania (BMZ) (véase <http://www.cepal.org/es/areas-de-trabajo/desarrollo-sostenible-y-asentamientos-humanos>).

² CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a; Estimaciones basadas en los inventarios nacionales de 2000, cifras globales del IPCC (2007) y la base de datos *CAIT* del *World Resources Institute*. Es importante notar la alta incertidumbre relacionada con las emisiones de cambio de uso de tierra.

Políticas públicas que incentiven y apoyen medidas de adaptación incluyentes y sustentables de parte de los diversos actores sociales y económicos, que se integren con acciones de reducción de la pobreza y la vulnerabilidad y transición a economías más ambientalmente sostenibles y bajas en carbono. Así, la actual recesión económica global y los riesgos de cambio climático se convertirían en la oportunidad de revisar a fondo la especialización productiva de las economías, incluyendo sus formas de inserción en los mercados internacionales y las cadenas de producción y comercio intrarregionales, la dependencia creciente en consumo de hidrocarburos, con sus costos de importación, contaminación y pérdidas de salud pública, y la degradación de los bosques y otros ecosistemas que nos brindan múltiples productos y servicios.

Esta oportunidad requiere cambiar normas de infraestructura; proteger las cuencas hidrológicas y las barreras costeras naturales, como los manglares; administrar mejor nuestro uso del agua y cambiar el diseño y la ubicación de hogares, comunidades e infraestructura social, entre otras. Implica, asimismo, desarrollar una visión estratégica para maximizar los beneficios y minimizar los costos intersectoriales de las acciones de adaptación y mitigación, integrándolas con la agenda de desarrollo. En el fondo, esto conlleva una atención especial a la inclusión y la sostenibilidad en sus múltiples sentidos.

Es urgente hacer frente al desafío de los eventos extremos, la variabilidad y el cambio climáticos en forma proactiva. De otro modo la actual generación sufrirá mayores costos y deterioro por los eventos extremos y las generaciones futuras cargarán un costo muy elevado para adaptarse al cambio climático. La región ya cuenta con diversos análisis que demuestran los múltiples efectos de la variabilidad climática y los impactos potenciales del cambio climático en múltiples sectores; señalan que los costos de la inacción frente a los eventos extremos y el valor presente de los impactos del cambio climático son demasiado altos, 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. El cambio climático presenta una serie de desafíos multisectoriales que deben enfrentarse con aportes 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.

Introducción

Centroamérica ya es una de las regiones más expuestas a las consecuencias del cambio climático. Así, al ser un istmo estrecho entre dos continentes y entre los océanos Pacífico y Atlántico, es una zona recurrentemente afectada por sequías, ciclones y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS). El cambio climático está magnificando sus vulnerabilidades socioeconómicas e incidirá cada vez más en su evolución económica, dado que los factores dependientes del clima son decisivos para las actividades productivas, como la agricultura y la generación hidroeléctrica, y para sus habitantes y ecosistemas.

La región contiene valiosos acervos naturales y culturales que requieren ser preservados y valorados por su contribución al desarrollo de las generaciones actuales y futuras. Sus ecosistemas y la abundante biodiversidad proveen múltiples productos y servicios, incluyendo la polinización, control de plagas, regulación de la humedad, caudales y clima local, pero se están deteriorando por el patrón de desarrollo insostenible. Al mismo tiempo, se estima que Centroamérica produce una mínima parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) globales; menos de 0,3% de las emisiones sin cambio de uso de tierra y menos de 0,8% de las emisiones brutas totales³).

Este documento técnico tiene el objetivo de presentar una actualización de los análisis generados en la región en los últimos años sobre la situación de la vulnerabilidad frente al cambio climático y sobre las propuestas de respuesta nacionales y regionales en Centroamérica, desde la perspectiva de la mitigación y, principalmente, de la adaptación. Al respecto, la propuesta gira alrededor de la prioridad de adaptación con un enfoque incluyente y de sostenibilidad, donde se puede integrar esfuerzos de una transición a economías ambientalmente más sostenibles y bajas en emisiones de GEI. Se base en las discusiones y publicaciones de dos iniciativas: la primera es La economía del cambio climático en Centroamérica, gestionado desde 2008 entre los Ministerios de Ambiente y Hacienda o Finanzas de Centroamérica, sus Consejos CCAD y COSEFIN y SIECA con la coordinación técnica de la CEPAL, y la segunda es el Programa técnico entre el Grupo técnico de re cambio climático y gestión integral de riesgo del Consejo Agropecuario Centroamericano de los Ministerios de Agricultura de los países SICA con la CEPAL.⁴

³ CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a; Estimaciones basadas en los inventarios nacionales de 2000, cifras globales del IPCC (2007) y la base de datos CAIT del *World Resources Institute*. Es importante notar la alta incertidumbre relacionada con las emisiones de cambio de uso de tierra.

⁴ Las publicaciones de estas dos iniciativas están disponibles en www.cepal.org/mexico/cambioclimatico y www.cepal.org/mexico/Dagricolayrural.

1. El clima en Centroamérica: vulnerabilidad frente a la variabilidad y el cambio climático.

La climatología histórica sugiere que Centroamérica ya ha sufrido una alza de temperatura promedio de aproximadamente 0,54°C en los últimos 50 años (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a, utilizando CRU TS3.0). Estimaciones recientes basadas en los nuevos escenarios denominados *Representative Concentration Pathways* (RCP, por sus siglas en inglés) de forzamiento radiativo asociados al Quinto Informe del IPCC, sugieren un aumento de la temperatura de la región Centroamericana y México en un rango de entre 1,8 °C y 3,5 °C para el escenario RCP entre 6.0 y 2,9 °C y 5,5 °C para el RCP 8.5 hasta 2081-2100, respecto al período 1986-2005. En el caso de la precipitación, el RCP 6.0 estima un cambio entre 5% y -17% para esta región y el RCP 8.5 entre 11% y -26%⁵ (IPCC, 2013a).

De acuerdo con el IPCC (Magrin y otros, 2007), Centroamérica ha presentado una alta variabilidad climática en años recientes. En las últimas décadas se han observado importantes cambios en precipitación y aumentos de temperatura. Las tendencias de los niveles de precipitación muestran una disminución, sobre todo en la región oeste del istmo y un aumento de la temperatura en alrededor de 1 °C en Mesoamérica. Estudios específicos (Aguilar y otros, 2005) muestran tendencias contrastantes en la precipitación de la región centroamericana, con fuertes diferencias de distribución espacial entre la región del Pacífico y la región del Caribe. La gran variabilidad de la precipitación en esta región es causada principalmente por la interacción entre los diferentes sistemas del viento y la topografía.

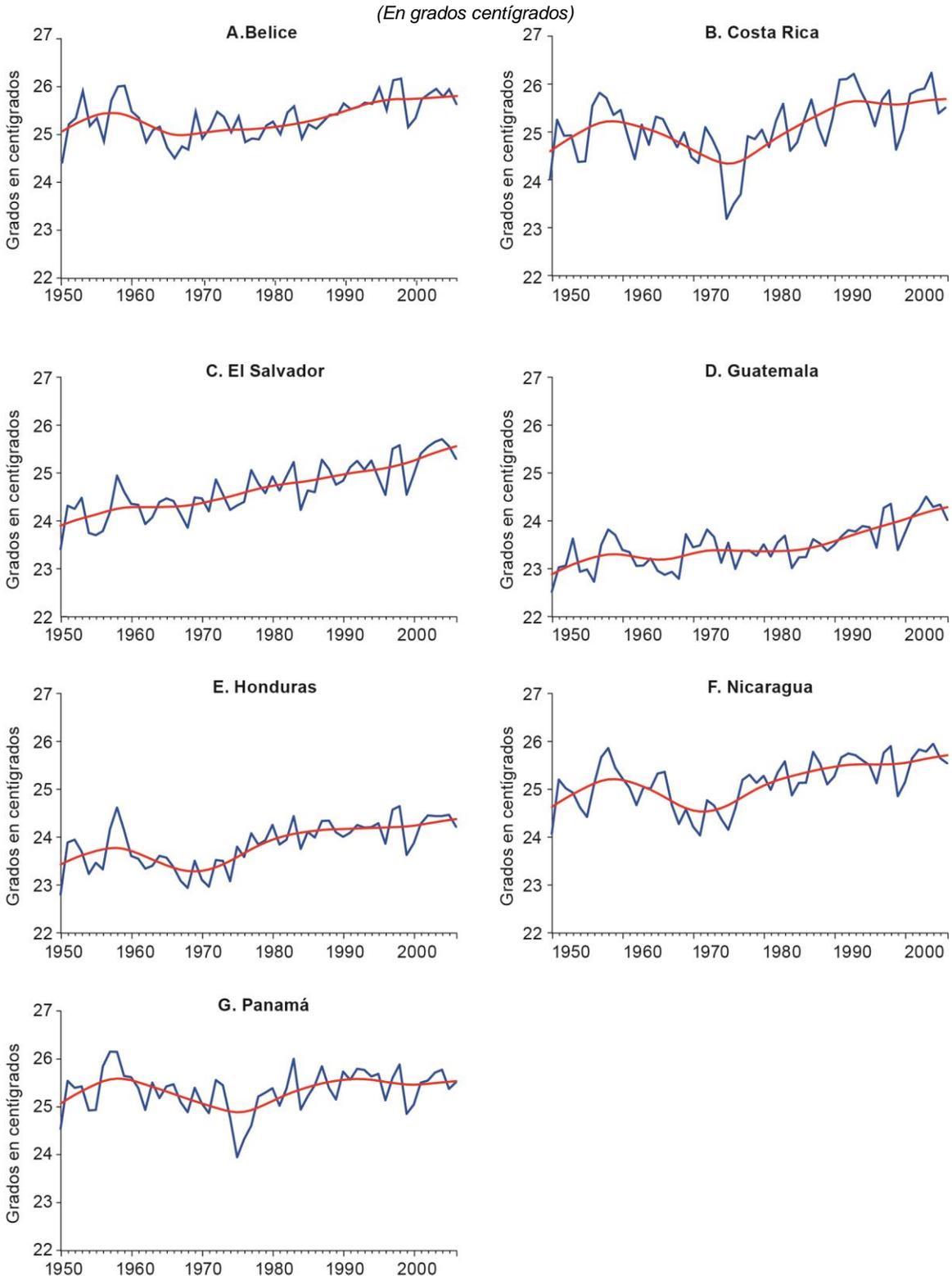
Las señales de incremento de la temperatura mínima son particularmente claras, no así en las tendencias de la temperatura máxima. Sin embargo, en el rango diurno de temperatura (máxima menos mínima) hay un patrón general de disminución en el mismo período (Fernández, J. Amador y otros, 2006). El gráfico 1 presenta las tendencias históricas de la temperatura media anual utilizando la climatología CRU TS 3.0. En la mayoría de los países se aprecia que las series de temperatura siguen una tendencia ascendente. Belice muestra un ligero ascenso y una mayor estabilidad a partir de mediados de los años ochenta. En El Salvador, Costa Rica y Guatemala se observa una tendencia ascendente desde la década de los setenta con un incremento de 0,6 °C. Nicaragua y Honduras muestran un patrón similar con una ligera contracción en la década de los sesenta y, posteriormente, registran un crecimiento sostenido con un aumento de 0,4 °C. En Panamá se observa mayor volatilidad desde 1980 con desviaciones respecto a su tendencia de aproximadamente 0,5 °C. De esta forma, los patrones de temperatura en la región muestran diferencias importantes, con ligeros aumentos en Belice, una tendencia

⁵ El *National Institute for Environmental Studies* de Japón generó el RCP 6.0 utilizando el *Asia-Pacific Integrated Model (AIM)* y el *International Institute for Applied Systems Analysis* de Austria generó el RCP 8.5 con tres modelos de energía (MESSAGE), gestión de bosques (DIMA) y agricultura (AEZ-WFS).

ascendente marcada en Guatemala y El Salvador, un menor ritmo de crecimiento en Honduras y Nicaragua, y un aumento en la variabilidad de la temperatura en Panamá (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a).

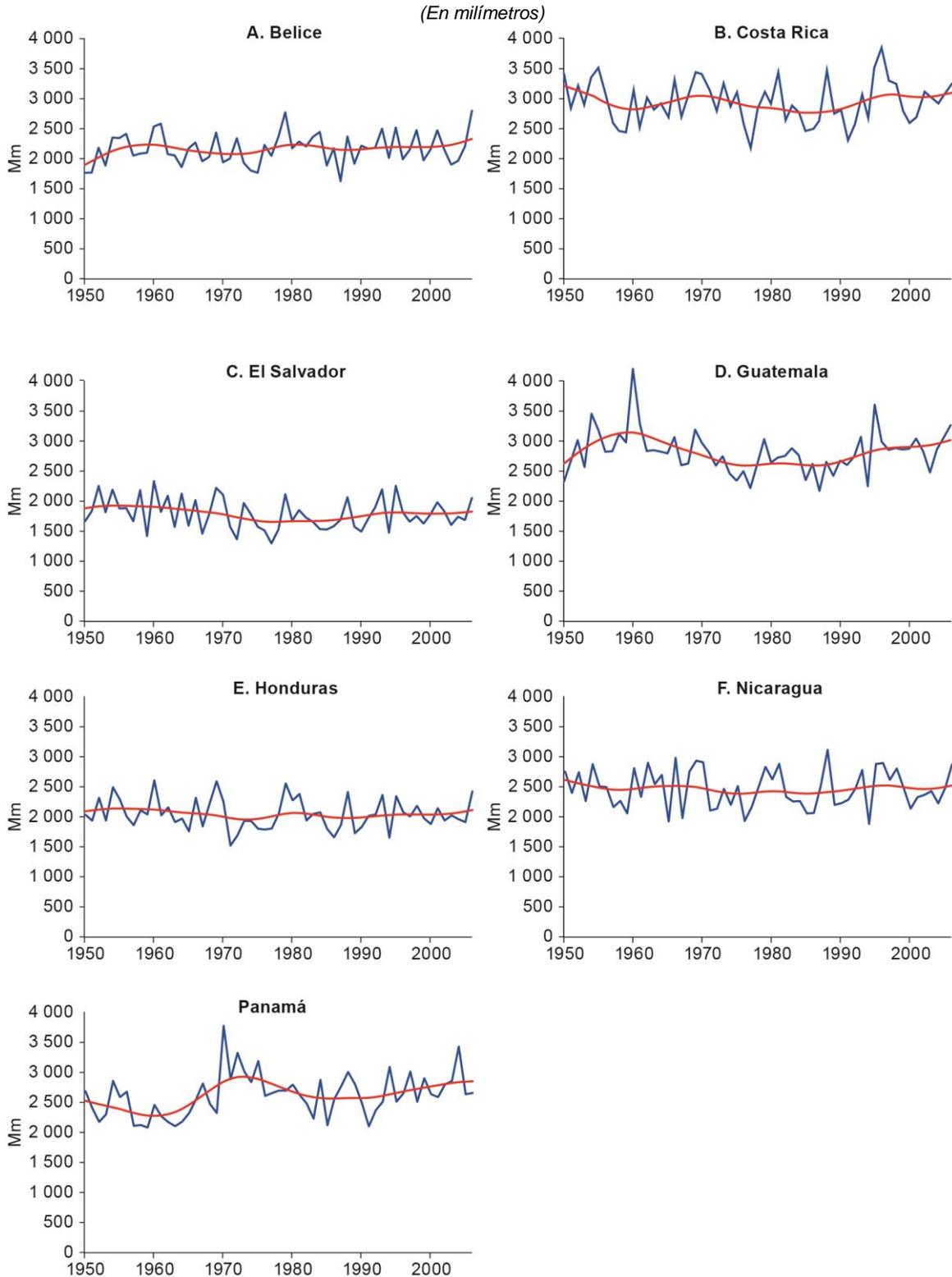
El gráfico 2 presenta la trayectoria de la precipitación media anual en los siete países durante el período 1950-2006. La tendencia de las series es aproximada por el filtro Hodrick-Prescott (Hodrick y Prescott, 1997). Las series describen un cierto comportamiento cíclico en torno a un valor promedio que en Costa Rica es de 2.932 mm, el valor más alto en la región; Guatemala 2.759 mm; Panamá 2.641 mm y Nicaragua 2.440 mm. Estos cuatro países registran los niveles de precipitación promedio anual más altos. Belice registra un nivel de 2.165 mm; Honduras 2.028 mm y El Salvador 1.769 mm, el menor nivel. Los gráficos muestran claramente la gran volatilidad del acumulado anual, característica regional de la variabilidad de este factor clave. (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a).

Gráfico 1. Centroamérica: Temperatura media anual y su filtro Hodrick-Prescott. 1950 - 2006
(En grados centígrados)



Fuente: (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a) con base en climatología CRU TS 3.0.

Gráfico 2. Centroamérica: Precipitación acumulada anual y su filtro Hodrick-Prescott, 1950 - 2006



Fuente: (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a) con base en climatología CRU TS 3.0

Centroamérica cuenta con diversos escenarios “reducidos de escala”, incluyendo los que utilizan tres modelos de circulación general para dos escenarios “SRES” del IPCC, B2 y A2.⁶ Han sido utilizados individualmente o promediados para diversos análisis durante los últimos años⁷; en el caso de la iniciativa ECC CA, a escala nacional y subnacional (departamentos, distritos y provincias, dependiendo del país). Por tratarse de escenarios basados sobre los supuestos, incertidumbres y resultados de los escenarios de emisiones y de dichos modelos, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas.

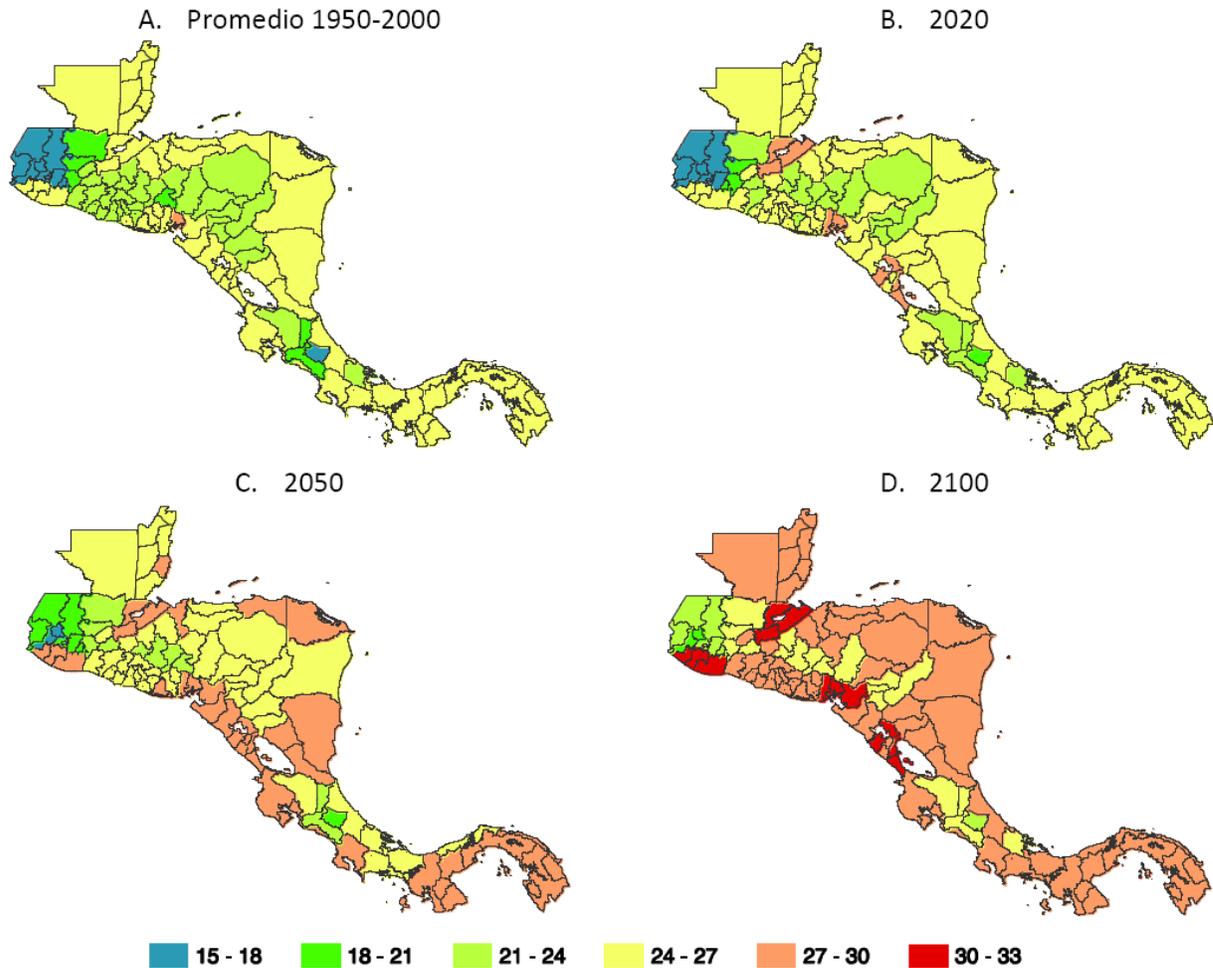
Con respecto a la temperatura, el aumento regional hacia finales del siglo, se ha estimado entre 2,1 °C y 3,3 °C con B2 (el más optimista) y entre 3,7 °C y 4,6 °C con A2, respecto al período 1980-2000. No obstante, existen marcadas variaciones en temperatura dentro de la región y estas variaciones seguirán en el futuro, aun con cambio climático. Por ejemplo, históricamente las tierras altas, especialmente en Guatemala y Costa Rica experimentaban temperaturas promedios de 15 a 18 °C, gran parte de la región un rango entre 18 y 27 °C y el departamento de Valle Honduras el único en el rango de 27 a 30 °C. Con el escenario A2, aun a 2020, 7 departamentos podrían experimentar temperaturas en este último rango y hacia finales del siglo hasta 58 departamentos, mientras que Valle y otros 10 departamentos podrían haberse pasado a un rango de 30 a 33 °C (mapa 1).

⁶ Las características de desarrollo de los escenarios son: Escenario A2: Mundo muy heterogéneo, autosuficiente y conservación de las entidades locales. Es el escenario de mayores emisiones a 2100 de la serie SRES. 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. Es el otro escenario que mantiene una tendencia de alza, pero más reducida que el A2 (IPCC, 2000). Ambos han sido utilizados frecuentemente en otros estudios en la región.

⁷ Se utilizaron los modelos HADCM3, GFDL R30 y ECHAM4 con B2 y HADGEM1, GFDL CM2.0 y ECHAM5 con A2.

Mapa 1. Centroamérica: temperatura mensual media anual por departamento, promedio 1950–2000 y escenario A2 con cortes a 2100

(En grados centígrados)



Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID Y DANIDA, 2012a.

La mayor característica de la lluvia en las últimas décadas es su variabilidad, incluyendo eventos extremos como huracanes y sequías y variaciones en su acumulado anual y por zonas geográficas, influidos por los océanos Atlántico y Pacífico y por el sistema de cordilleras y tierras altas. Por ejemplo, la región del Pacífico se caracteriza por tener 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 (Ramírez, 1983; Magaña, J. A. Amador y Medina, 1999; García, Zevallos y del Villar, 2003; J. A. Amador y otros, 2006). Las variaciones de la temperatura superficial en los océanos Pacífico y Atlántico tropicales juegan un papel importante en el inicio, final y duración de la estación lluviosa (E. Alfaro, Cid y D.

Enfield, 1998; D. B. Enfield y E. J. Alfaro, 1999; E. Alfaro y Cid, 1999; E. Alfaro, 2007). En la región del Caribe llueve prácticamente todo el año sin estación seca definida. La precipitación de diciembre a marzo se asocia principalmente con los empujes polares (Schultz, Bracken y Bosart, 1998). (CEPAL, CCAD/SICA y UKAID y DANIDA, 2011a, p. 18)

Respecto a la distribución espacial de los eventos ciclónicos tropicales entre 1977 y 2006, se observa que los territorios más expuestos abarcaban casi la totalidad de la costa del Caribe o costa atlántica, la totalidad del territorio de Belice, una gran parte de Honduras y Nicaragua y la parte norte de Costa Rica. Sin embargo, los huracanes del Caribe inducen o jalan la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) hacia el norte de Centroamérica, la cual provoca “temporales” (serie de días con lluvias intensas o con acumulados altos), generando inundaciones y deslizamientos en zonas más amplias que las afectadas directamente por un huracán. Esto fue el caso del efecto adicional de Huracán Mitch. (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d.p. 44)

Temporales asociados a la ocurrencia de ciclones tropicales son factores importantes de la precipitación observada, y aun cuando tengan trayectorias parecidas, las distribuciones de lluvia asociadas pueden ser diferentes (Fernández y Vega, 1996). Es importante destacar el efecto de temporales no clasificados como huracanes o ciclones, que producen lluvia continua durante lapsos mayores de veinticuatro horas (de cerca de dos a cuatro días, usualmente) y que afectan las áreas terrestres, el Océano Pacífico y Mar Caribe circundantes. Los temporales del Pacífico ocurren de mayo a noviembre, más frecuentemente en junio y septiembre-octubre. Los temporales del Caribe ocurren con mayor frecuencia durante el invierno del Hemisferio Norte, cuando la región recibe la influencia de empujes de aire frío desde América del Norte. (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a p. 20)

Ya en su Cuarto Reporte de 2007 el IPCC observó que la frecuencia de eventos de lluvia intensa ha aumentado sobre la mayoría de las masas de tierra, consistente con el calentamiento y aumento de vapor de agua observados (IPCC, 2007). En su reporte sobre eventos extremos, concluye que hay una confianza media que influencias antropogénicas han contribuido a la intensificación de precipitación extrema a escala global y sequías en algunas regiones, incluyendo a Centroamérica, debido a reducciones en la lluvia y/o aumentos en la evapotranspiración. Observa que dichos cambios en extremos pueden asociarse a cambios en la media, varianza, forma de las distribuciones de probabilidad o todos estos indicadores juntos. También considera que algunos eventos climáticos como sequías o deslaves pueden ser el resultado de una acumulación de eventos que individualmente no son tan extremos. Finalmente, observa que la variabilidad natural seguirá siendo un factor importante en el futuro, adicional al efecto de los cambios asociados a actividades antropogénicas (IPCC, 2011).

A nivel internacional, una serie de eventos hidrometeorológicos severos han acontecido en diversas partes del mundo en los últimos años, como la ola de calor en Rusia en 2010, las inundaciones de 2000 en Inglaterra, en Pakistán en 2010, y

muy recientemente en Tailandia, lo cual ha generado cada vez mayor discusión y análisis sobre la posible contribución del cambio climático a la mayor severidad de dichos eventos. La literatura científica reciente, sugiere que aunque hay incertidumbres significativas, se empieza a acumular evidencia sobre esta relación e identificar casos de probable atribución parcial.

A nivel de Centroamérica, se ha identificado dos cambios en el patrón de eventos hidrometeorológicos severos. Primero, en las últimas décadas, se está experimentando el fenómeno de tormentas y huracanes que entran a tierra centroamericana por el Pacífico, cuando anteriormente su trayectoria era más al norte. Otro fenómeno observado, es que depresiones y tormentas que no llegan a ser huracanes presentan mayores intensidades de lluvias, como la depresión tropical 12E que provocó graves impactos en El Salvador y regiones de Guatemala, Honduras y Nicaragua especialmente. La preocupación por este fenómeno, motivó a los Presidentes de estos cinco países a realizar una Cumbre extraordinaria donde convocaron a un Grupo consultivo que apoyara a los países en sus esfuerzos de reconstrucción con perspectiva de reducción de vulnerabilidades y adaptación al cambio climático, considerando que la intensidad y prolongación de lluvias constituirían una manifestación concreta de los efectos adversos del cambio climático (Declaración de Comalapa, 25 de octubre 2011).⁸ (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d, p 40).

Un análisis preliminar preparado por dicho Grupo consultivo buscó evidenciar la variabilidad de la precipitación y ocurrencia de eventos de lluvia intensa en la región (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA 2012d) utilizó los registros diarios de precipitación acumulada en 24 horas durante el período de 1970–2011 datos aportados por las principales estaciones meteorológicas distribuidas en los territorios de los países centroamericanos (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011b). El recuadro 1 presenta los resultados de Ilopango en El Salvador.

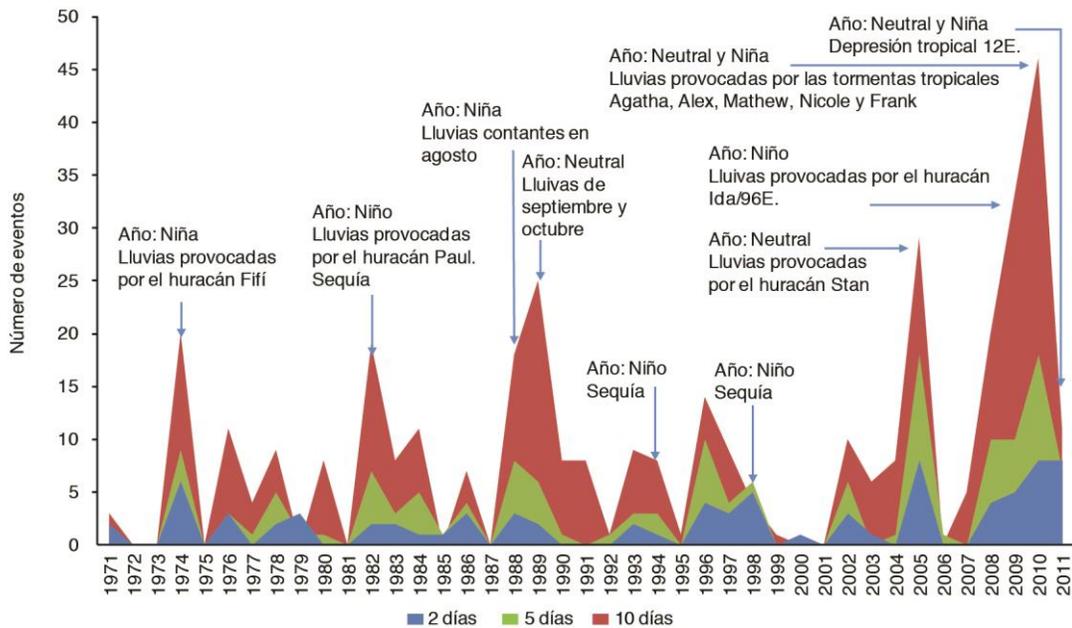
Recuadro 1. Evidencia de variabilidad climática: el caso de Ilopango, El Salvador

Ilopango se encuentra a 10 km al este de la ciudad de San Salvador, se caracteriza por estar ubicado en terrenos en planicie y alomados de la vertiente del Pacífico, posee un clima cálido y pertenece al tipo de tierra caliente o sabana tropical caliente, con un promedio de precipitación de 1,765 mm anual, Su latitud norte es 13° 41' y longitud oeste 89° 07' en una elevación de 615 metros sobre el nivel del mar (msnm). El gráfico 3 muestra como los eventos con lluvia mayor a 100 mm por dos días consecutivos variaban

⁸ En preparación para estos eventos, la Presidencia Pro Tempore de CCAD/SICA solicitó la colaboración de la iniciativa ECCCA para colaborar en el documento "Análisis del efecto del cambio climático en Centroamérica" que CCAD y Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC) prepararon. Este insumo contó con el apoyo del equipo de la UC en la Sede Subregional de la CEPAL en México, de los delegados del CTR de la iniciativa, los servicios de meteorología de los cinco países y otros funcionarios que compartieron sus conocimientos y facilitaron el acceso a las bases de datos meteorológicos.

históricamente entre 0 a 5 eventos, pero con un aumento en los últimos diez años. En cuanto a los eventos de cinco días de lluvia consecutiva superior a 150 mm, han fluctuado hasta diez eventos anuales, teniendo una tendencia positiva de lluvia acumulada superior marcada en máximos a partir de 2005. Finalmente, la incidencia de eventos de duración de diez días y superiores a 200 mm tiene una clara tendencia positiva en cuanto a frecuencia y máximos en los últimos diez años esto principalmente ocasionado por huracanes y tormentas tropicales.

Gráfico 3. El Salvador, Ilopango. Número de eventos que sobrepasan umbrales. 1971-2011
(Número de eventos)



Nota: Los eventos de sequía son eventos registrados en EM-DAT (2011). No se incluyó el año 1987 debido a registros diarios incompletos en ese año y el año 2011 incluye información hasta el 31 de octubre. Los umbrales corresponden a 100, 150 y 200 mm acumulados en 2, 5 y 10 días consecutivos. Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d con datos proporcionados por el MARN.

El cuadro 1 refleja como los eventos de corta duración (dos días) superiores a 100 mm se mantuvieron relativamente constantes durante 1971 a 2000, y en la última década se han duplicado. Los eventos de mediana duración (cinco días) han presentado mayor variabilidad en la década de 1981 a 1990, aumentaron respecto a la década anterior, para disminuir en la siguiente década y duplicarse en la última década. En cuanto a los eventos de larga duración (diez días), mostraron la misma tendencia en las primeras décadas que los de mediana duración, pero para la última década llegaron a 168 días, tres veces mayor al presentado en los años setenta. Este último resultado es indicativo del gran número de eventos extremos que se han presentado en la región y que han traído mayor lluvia de la estacional, como los huracanes Isidore (2002), Stan (2005), Ida/E96 (2009), Agatha, Alex y Matthew (2010) e incluso la depresión tropical 12E de 2011.

Cuadro 1. El Salvador, Ilopango: Número de eventos que sobrepasan umbrales, 1971 - 2011

	2 días de lluvia	5 días de lluvia	10 días de lluvia
1971-1980	16	20	55
1981-1990	14	35	97
1991-2000	16	27	55
2001-2011	37	71	168

Nota: No se incluyó el año 1987 debido a registros diarios incompletos en ese año y el año 2011 incluye información hasta el 31 de octubre. El período 2001-2011 incluye un año más. Los umbrales corresponden a 100, 150 y 200 mm acumulados en 2, 5 y 10 días consecutivos.

Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d con datos proporcionados por el MARN.

Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d con datos proporcionados por el MARN

Al mismo tiempo, la región enfrenta períodos de sequía, especialmente en su vertiente Pacífico; así, por ejemplo, sequías severas en los últimos años (2009-2010 y 2014) han afectado la producción agrícola, especialmente la del “corredor seco”, que abarca zonas de la vertiente Pacífica y del interior desde Guatemala hasta Panamá. El evento El Niño fue declarado en junio de 2009 con una estación lluviosa irregular que afectó principalmente a la vertiente del Pacífico. La precipitación de la segunda temporada de lluvias, entre septiembre y octubre, también fue irregular lo que impidió la recarga de las fuentes de agua y el subsuelo, por lo que el recurso para consumo humano, pecuario y segunda siembra se limitó (PESA, 2010). Durante la temporada lluviosa 2014 se han presentado situaciones de sequía, prolongación de la canícula (veranillo) seguida de lluvias torrenciales en varios países de Mesoamérica (Guatemala y México).

En las negociaciones internacionales, los gobiernos de Centroamérica han priorizado no solamente la adaptación, sino el establecimiento del Mecanismo de Varsovia para contar con una institucionalidad formal para tratar las pérdidas y daños asociados al cambio climático. Esta prioridad resulta no solamente de la alta vulnerabilidad de la región a eventos extremos actualmente, sino también a la preocupación por mayor evidencia de los probables efectos de cambio climático en la intensificación de estos fenómenos.

Los escenarios sobre la posible trayectoria de la precipitación con el cambio climático sugieren mayor variabilidad y una probable tendencia de reducción

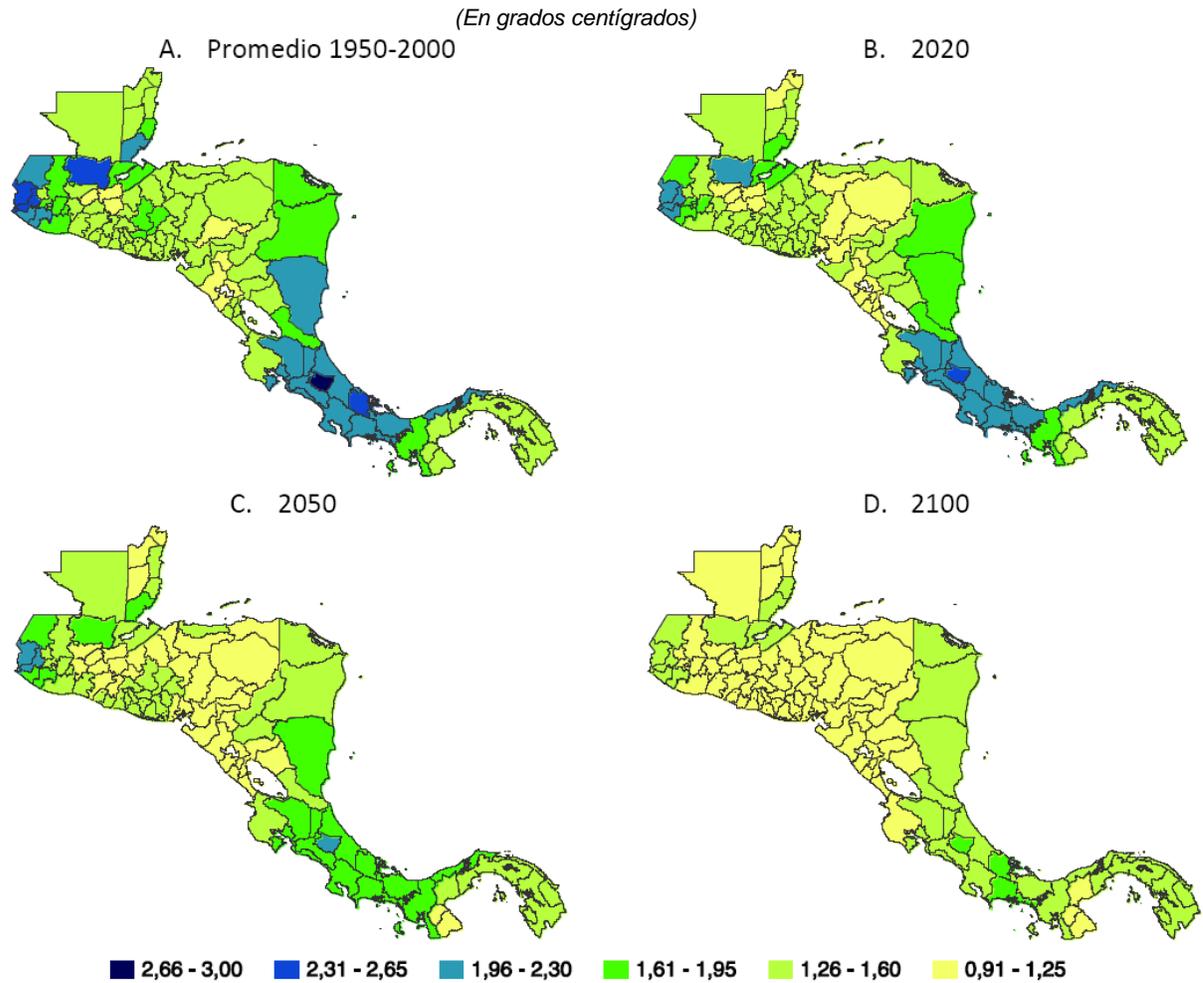
especialmente en la segunda mitad de este siglo. Es importante recalcar que los escenarios de posibles impactos en precipitación adolecen de una mayor incertidumbre que los de temperatura. En el escenario menos pesimista (B2), la precipitación disminuiría 4% al corte 2050 y 11% al corte 2100 como promedio centroamericana, con grandes variaciones a nivel de país. Por ejemplo, hacia finales del siglo las reducciones estimadas a nivel nacional son: 3% en Panamá, 7% en Guatemala, entre 10% y 13% en Costa Rica, Belice, El Salvador y Honduras, y 17% en Nicaragua. El escenario más pesimista (A2) sugiere una disminución de la precipitación de 14% a 2050 y 28% hacia finales del siglo, con estimados de 18% en Panamá, 35% en Nicaragua y entre 27% y 32% en Costa Rica, Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras.⁹ (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a).

Aún con una reducción menor de la precipitación bajo el escenario B2 habría un efecto del alza de la temperatura en la evapotranspiración, lo que redundaría en una mayor aridez, especialmente en la segunda parte del siglo, afectando los ecosistemas, la agricultura y la generación de hidroelectricidad. Con el escenario más pesimista (A2), el efecto multiplicador sería mayor. Un análisis de aridez preparado en la iniciativa Economía de Cambio Climático en Centroamérica (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b) encuentra que los niveles de temperatura y precipitación del período 1950 a 2000 generan un índice de aridez de 1,6 para Centroamérica, dentro de la clasificación internacional “húmedo”; con la excepción de 7 departamentos (León, Estelí, Managua en Nicaragua, El Paraíso en Honduras, Chiquimula, El Progreso y Zacapa en Guatemala) con un nivel de 1,25 o menos que entran a la clasificación “subhúmedo” y que conforman parte del corredor seco centroamericano. Al otro extremo, se encuentra el Altiplano Occidental guatemalteco con mayor humedad (cuyo índice de aridez es de 1,96).

Hacia finales del siglo, se estima que el promedio de la región podría descender a un índice de aridez de 1,4 en el escenario menos pesimista (B2) y de 1,2 en el escenario más pesimista (A2), en este último caso bajado un promedio “subhúmedo” (0,91 a 1,25). El mapa 2 ilustra el progresivo aumento en aridez con A2: de 7 departamentos con un nivel de 1,25 o menos en el período histórico, se aumentaría a 20 departamentos al corte de 2020, 38 hacia 2050 y 68 hacia finales de siglo. En este entonces, gran parte de la región podría experimentar condiciones de aridez similar a regiones más secas del corredor seco actual.

⁹ Estas dos generaciones de escenarios tienen diferentes parámetros y los RCPs no tienen escenarios socioeconómicos predeterminados, por lo que no son inmediatamente comparables entre sí. No obstante, hasta 2100, el escenario RCP 6.0 tiene una trayectoria de concentraciones de CO₂e similar pero más alto que el B2; el RCP 8.5 es más cercano al SRES A1F1, con una trayectoria similar pero más alto que el A2 (IPCC, 2013b, citando a Malte Meinshausen)

Mapa 2. Centroamérica. Índice de aridez por departamento, promedio 1950–2000 y escenario A2 con cortes a 2100



Fuente: (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012b).

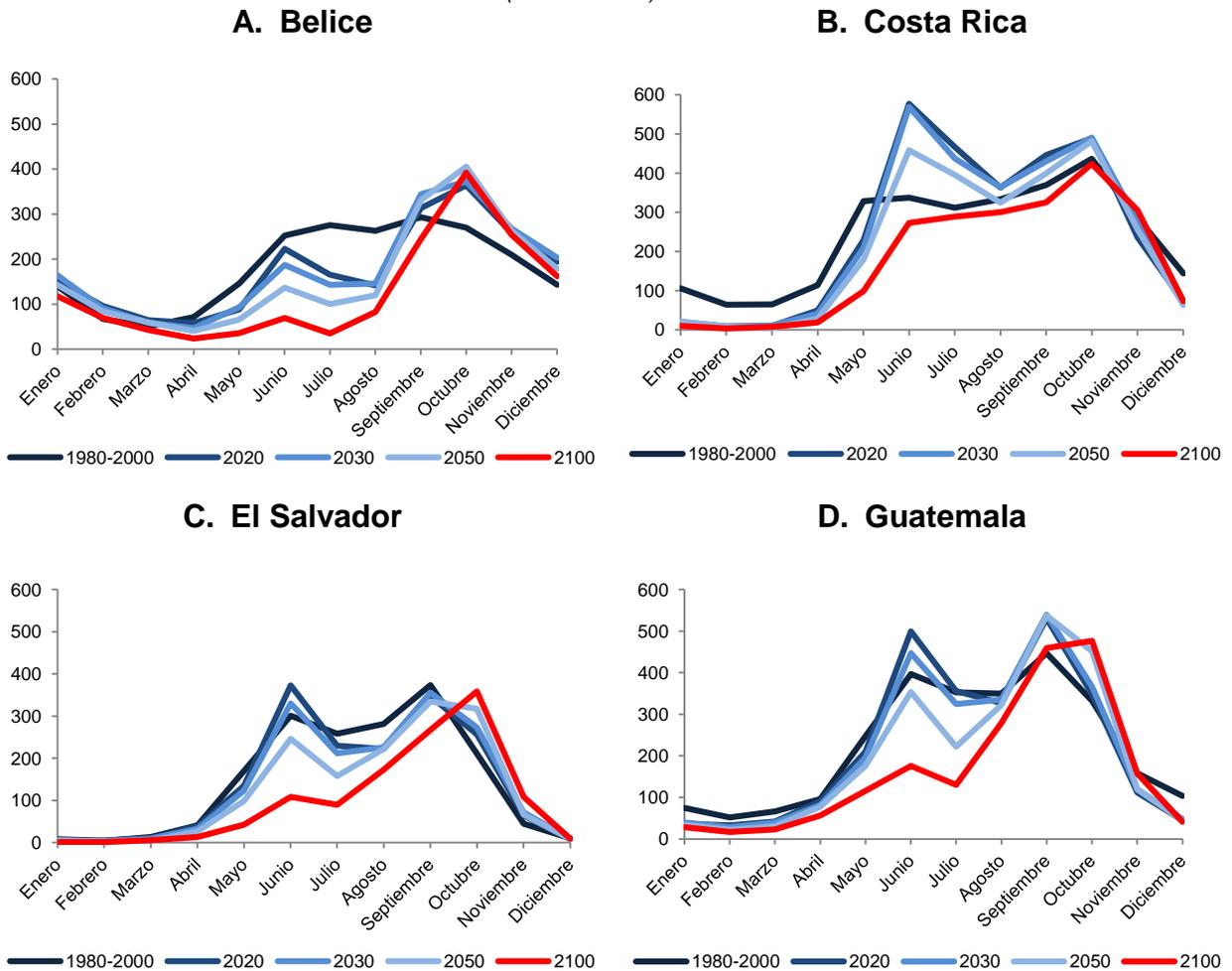
1.1. Cambios potenciales en el patrón intraanual

La disponibilidad de agua está asociada al patrón intranual y a las diferencias geográficas de precipitación. Durante el período 1950 a 2000, en el océano Pacífico había una época seca y otra lluviosa, presentando un primer nivel máximo en junio, con una disminución en julio y agosto (canícula o veranillo) y otro máximo en septiembre y octubre, normalmente mayor que el primero. En contraste, algunos departamentos del Atlántico no tenían meses sin lluvia. Aun así, la precipitación aumentaba a partir de abril, con diferentes patrones intermedios, hasta que disminuía en los últimos dos meses del año. Se estima que con B2 la temporada de lluvia podría anticiparse con mayor precipitación en el período inicial. Se estima que la precipitación disminuiría después de la canícula, especialmente durante la segunda mitad del siglo, perdiendo la característica

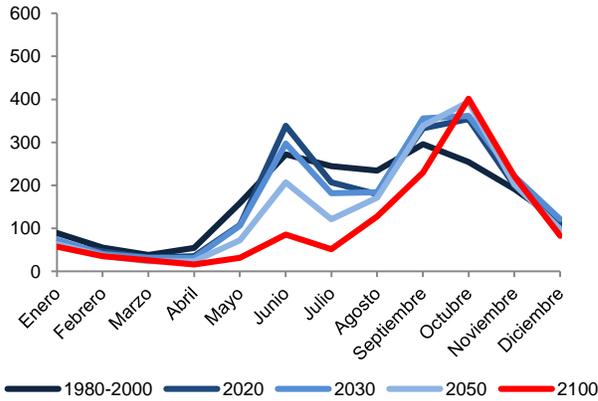
bimodal en algunos países. Con A2 se estima que en las próximas décadas el patrón bimodal de precipitación podría exacerbarse, con aumentos de ambos períodos de altas lluvias y disminución durante la canícula. Posteriormente, las lluvias del primer período se reducirían gradualmente, dejando un máximo anual único entre octubre y noviembre (Véase gráfico 4). Las excepciones serían Costa Rica y Panamá, que podrían experimentar un aumento de precipitación al inicio de la temporada durante las próximas décadas y posteriormente una reducción hacia un nivel cercano al histórico, resultando un patrón relativamente estable de junio a noviembre.

Gráfico 4. Centroamérica. Precipitación mensual, promedio 1980–2000 y escenario A2 con cortes a 2100

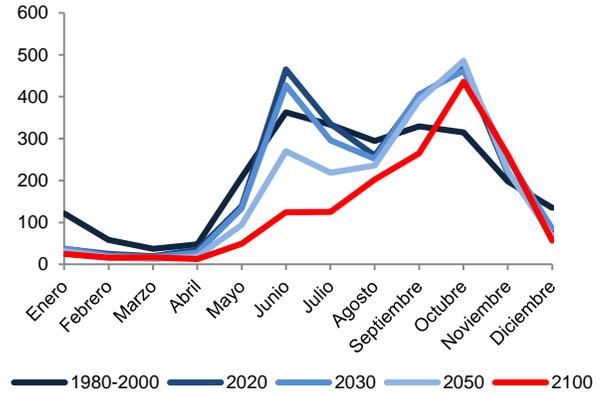
(En milímetros)



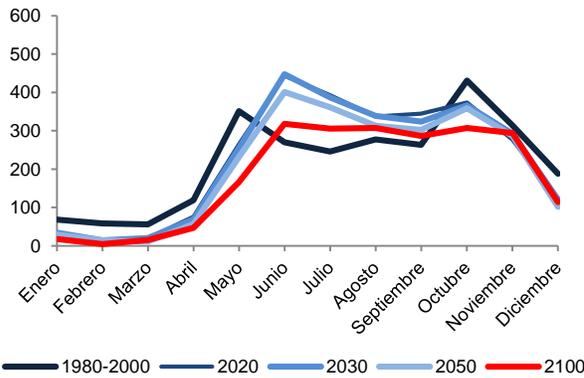
E. Honduras



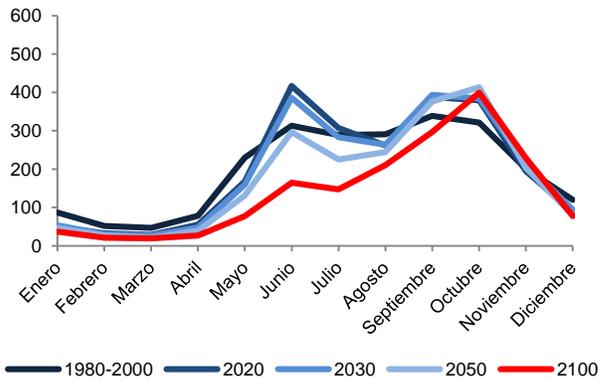
F. Nicaragua



G. Panamá



H. Centroamérica



Fuente: (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012a).

2. Impactos potenciales en sectores claves

En esta sección se explorarán resultados de algunos análisis disponibles para la región de Centroamérica sobre impactos potenciales en sectores como los recursos hídricos, la hidroelectricidad, la agricultura, específicamente los granos básicos, biodiversidad y bosques. Por tratarse de escenarios futuros que integran diversas capas de análisis con sus respectivas incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados deben de interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas. En general, esta generación de análisis buscan ilustrar los impactos potenciales si no se generan políticas públicas y acciones de los actores para adaptarse, así alertan sobre la importancia estratégica de tomar medidas proactivas y precautorias.

2.1. Disponibilidad del agua

Centroamérica muestra una alta disponibilidad de agua de aproximadamente 23,000 m³/año per cápita en 2005 (World Water Council citado en CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a). No obstante, su distribución entre los países, las vertientes de los océanos Pacífico y Atlántico y la población es muy desigual, con grandes variaciones intra e interanuales. Esta situación, relacionada con la precipitación, genera una alternancia entre períodos de sequía severa e inundaciones. En un escenario que toma en cuenta el aumento de la población y supone ninguna medida adicional de ahorro, la demanda de agua podría crecer casi 300% al corte de 2050 y en más de 1600% a 2100, aun sin cambio climático; lo cual equivaldría a una intensidad de uso de agua del 36%. Con el cambio climático este indicador podría llegar a 140% con B2 y más de 370% con A2 si no se toman medidas de adaptación y ahorro. Estos niveles serían muy superiores al 20%, internacionalmente aceptado como umbral a una situación de estrés hídrico. En el escenario A2 sugieren condiciones similares a lo que sucede en la actualidad en Egipto y algunos países de la península arábiga. (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2012d, p. 14)

Frente a este escenario, las sociedades centroamericanas pueden dar un paso de adaptación fundamental si se vuelven gestoras atentas y eficientes de sus recursos hídricos. Si el indicador clave de los esfuerzos de mitigación es la reducción de emisiones CO₂e, un indicador clave de adaptación será la eficiencia del uso del agua per cápita y por unidad del PIB. La gestión integral del recurso hídrico es decisiva para responder al cambio climático en la producción agrícola y seguridad alimentaria, en el aumento de la hidroelectricidad y en la protección de los bosques, otros ecosistemas y su biodiversidad, y en asegurar acceso a agua potable y servicios de sanidad a toda la población. Los marcos institucionales nacionales de los recursos hídricos son variados y no siempre aptos para la gestión coordinada. Esta situación probablemente es uno de los mayores retos para enfrentar el cambio climático.

La gestión coordinada de este recurso a nivel regional es prioritaria, puesto que 40% del territorio está ocupado por cuencas transfronterizas. Establecer un sistema coordinado regional de gestión integral del recurso hídrico parece ambicioso y requerirá mucha voluntad política y esfuerzo técnico y financiero durante varias décadas. El Sistema de Integración Centroamericana (SICA) ha reconocido la oportunidad y el reto del manejo integrado del agua desde finales de la década de los noventa. Actualmente el Subsistema ambiental de SICA (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC) y Comité Regional de Recursos Hídricos (CRRH) realiza un esfuerzo de coordinación para completar la Estrategia Centroamericana de Gestión Integral de Recursos Hídricos (ECAGIRH) con una perspectiva de diez años y elaborar un plan de tres años, el Plan Centroamericano para la Gestión Integrada de Recursos Hídricos (PACAGIRH).

Recuadro 2. Recomendaciones para la Adaptación de Recursos hídricos

En función de los estudios y las consultas realizadas, se proponen las siguientes opciones para la gestión de los 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” en coordinación con todos los niveles de gobierno para desarrollar programas de trabajo por regiones político-administrativas y asegurar su viabilidad.
- Definir un volumen ecológico en términos del ambiente ideal al que se aspira como referente para acciones de conservación de la biodiversidad, bienes y servicios de los ecosistemas y de las reservas hídricas superficiales y subterráneas en el presente y en el futuro.
- Completar la cobertura del acceso al agua potable de la población viviendo en situación de pobreza.
- Crear un marco de negociación social de proyectos de infraestructura hídrica que supere el bagaje conflictivo del pasado y permita el desarrollo equitativo y sostenible de poblaciones aledañas a las obras y en las zonas de conservación.
- Establecer diseños y normas de infraestructura hídrica y planes de gestión flexibles ante posibles cambios estacionales, mayor variabilidad de precipitación y disponibilidad del agua a nivel espacial y temporal. Considerar diversas escalas de presas, incluyendo las minihidráulicas de abastecimiento para regiones específicas y analizar la conveniencia de tener proyectos de represas de múltiple uso: generación de hidroelectricidad, riego, consumo humano y gestión de flujos.
- Identificar las cuencas amenazadas por los impactos previstos del cambio climático y sus implicaciones para la producción hidroeléctrica, según la Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020 (CEPAL y SICA, 2007), además de otros usos, como el riego.
- 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 desfogue del agua. Por ejemplo, ampliar el desarrollo de sistemas descentralizados de captación de agua de lluvia a nivel doméstico y para servicios públicos y desarrollar sistemas de presas locales de diversos tamaños.
- Impulsar programas de saneamiento y salud pública en entornos rurales que, sin demandar grandes inversiones en infraestructura, podrían traer altos beneficios hídricos y sociales (tinajas, baños secos, ciénagas de oxidación, entre otras).
- Consolidar los programas de agua potable, saneamiento, alcantarillado, colecta, tratamiento y reutilización de aguas tratadas para regar áreas verdes, jardines, parques y camellones, entre otros.
- Promover una mayor eficiencia del consumo de agua y del consumo energético relacionado: eficiencia energética en bombeo, conducción y abastecimiento de agua de diferentes calidades y usos.

- 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.
- Desarrollar una gestión adecuada de conflictos asociados a los embalses mediante el uso diversificado de presas y vasos reguladores: hidroelectricidad, piscicultura, ecoturismo, riego agrícola, educación ambiental, beneficios directos a pobladores del lugar, etc.
- Desarrollar campañas de información pública y alentar la participación responsable de todos los sectores como apoyo político y social para instrumentar el uso eficiente y protección del recurso.
- En el sector municipal controlar las fugas de agua, asegurar el uso final eficiente mediante tarifas progresivas y justas por volumen de consumo, ampliar y combinar fuentes de agua (reutilizadas, superficiales y subterráneas, especialmente la captura de agua de lluvia) para restaurar el caudal ecológico, recargar acuíferos y fuentes alternas de agua potable y desarrollar normas de construcción de vivienda y programas de hipotecas verdes.
- En el sector agropecuario implementar opciones de ahorro de agua como represas locales, nivelación de suelos, reducción de la evaporación con cama de rastrojo, monitoreo de la humedad del suelo y del agua precipitada y uso eficiente del agua de riego, reubicar la agricultura más sensible a zonas con la precipitación requerida, desarrollar cultivos con menor consumo de agua y más resistentes a la sequía, coordinar la planificación agrícola con la hídrica y promover el uso responsable de fertilizantes y plaguicidas para prevenir la contaminación del agua.
- En el sector industrial y de servicios, incluyendo el turismo, implementar certificaciones comerciales como la norma ISO 14000, que prevé el uso eficiente, reciclaje y no contaminante del agua; incentivar económica y fiscalmente el reemplazo de tecnologías de uso intensivo de agua por las de uso eficiente (por ejemplo, el beneficio seco del café y la reutilización del agua de enfriamiento en el procesamiento del azúcar) y evitar vertidos de descargas industriales sin tratar.
- Fomentar la transportación fluvial ordenada dentro de los países y el cabotaje entre países y a escala de toda la región.
- Consolidar y fortalecer la institucionalidad nacional y regional del sector.
- Desarrollar un plan maestro de gestión integral de recursos hídricos para Centroamérica con un portafolio de proyectos financiables, promoviendo la integración regional en esta área vital para la población y las economías.

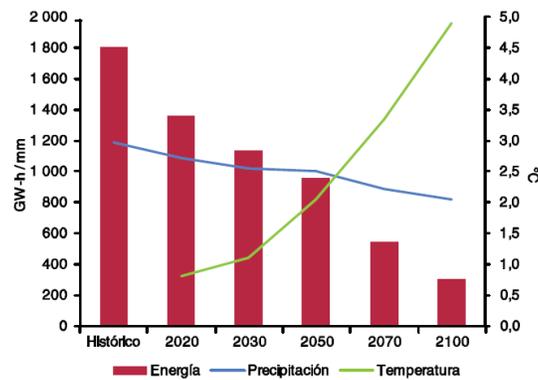
Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a., p. 347-349

2.2. Impactos potenciales en la hidroelectricidad

Estos escenarios de cambios potenciales en la temperatura, la precipitación anual, la aridez y los patrones intraanuales sugieren mayores riesgos e incertidumbre para actividades productivas como la hidroelectricidad. El efecto combinado del alza de la temperatura y los cambios de la precipitación afectan la evapotranspiración en las cuencas, y por ende, su caudal, así como la evaporación en los embalses hidroeléctricos. En el estudio piloto de las plantas Chixoy de Guatemala y Cerrón Grande de El Salvador, esta cadena de efectos da

como resultado, en el escenario más pesimista (A2), reducciones de la generación de electricidad superiores al 20% en las dos plantas para el corte 2020 (véase gráficos 5 y 6) respecto de la generación promedio de los períodos de referencia (1979 a 2008 para Chixoy y 1984 a 2009 para Cerrón Grande). Al corte 2050, las reducciones serían superiores al 40% en ambas hidroeléctricas y en más de 80% para Chixoy y 70% para Cerrón Grande a finales del siglo. En el escenario menos pesimista (B2) se espera un incremento de entre 4% y 6% en ambas plantas para el corte 2020 respecto del período histórico. A partir de 2020, las estimaciones se vuelven negativas hasta llegar a una disminución del 26% en Chixoy y del 17% en Cerrón Grande a 2100. (CEPAL, CEL, MARN, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA 2012).

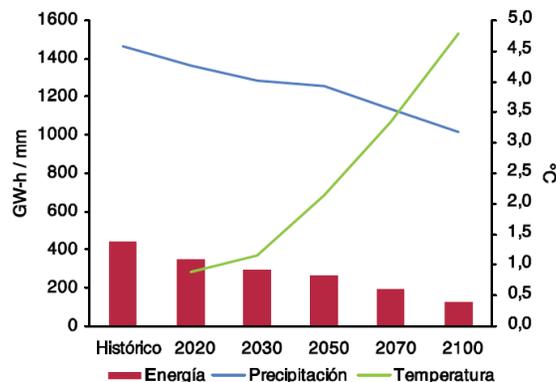
Gráfico 5. Planta Chixoy: resultados de simulaciones, escenario A2. 2020 - 2100



Nota: Período histórico de referencia, promedio 1979–2008, Energía y precipitación se refieren al eje izquierdo, y temperatura al eje derecho.

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

Gráfico 6. Planta Cerrón Grande: resultados de simulaciones, escenario A2. 2020 - 2100



Nota: Período histórico de referencia, promedio 1979–2008, Energía y precipitación se refieren al eje izquierdo, y temperatura al eje derecho.

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

En resumen, el progresivo aumento de temperatura previsto estará afectando la producción hidroeléctrica por la evapotranspiración en la cuenca y la evaporación en el embalse. Es importante observar que el alza de temperatura de la atmosfera podría contribuir a episodios de lluvias más intensas; y el aumento de la temperatura de la superficie del mar a mayor intensidad de huracanes. No obstante, el mayor riesgo se relaciona con la lluvia, cuyo patrón en la región ya demuestra gran variabilidad en su acumulado anual y en su distribución intraanual. Los escenarios futuros sugieren un posible aumento en la variabilidad de la lluvia acumulada anualmente con una reducción progresiva en el promedio anual especialmente en la segunda mitad del siglo. No obstante, el modelaje de la lluvia contiene varias incertidumbres aún por resolverse. Esta situación actual y futura, indica una cierta ventana de oportunidad a corto plazo, que se va a ir cerrando si no se aprovecha, para fortalecer la gestión de las cuencas, los embalses y las plantas existentes y el diseño de las nuevas iniciativas de gestión integral del recurso hídrico y adaptación a la variabilidad climática y los impactos del cambio climático. El recuadro 3 presenta un resumen de las recomendaciones emanadas de este estudio.

Recuadro 3. Recomendaciones para Adaptación de Generación hidroeléctrica

En la actualidad, la máxima generación de energía ocurre durante los meses en los que el caudal que ingresa a los embalses es mayor que el caudal turbinado. En ambos casos, los embalses tardan en llenarse aproximadamente cinco meses, de junio a octubre. Este patrón se modificaría en ambas hidroeléctricas en las condiciones de reducción general de la precipitación del escenario A2. Esta estimación supone que las reglas de operación dan prioridad al llenado del embalse sobre la generación durante la época de lluvia. Así, las plantas generarían más energía durante el período de vaciado del embalse, entre noviembre y mayo, si bien el total generado en el año sería menor.

La generación de energía disminuiría gradualmente también por la disminución de la capacidad de almacenamiento de los embalses debido a su sedimentación, así se recomienda estudiarlo para calcular la pérdida de capacidad de generación, elaborar planes de sustitución de generación o de recuperación de los embalses, incluyendo recuperación de bosques en las cuencas y otras acciones de manejo integral de las mismas.

Para poder adaptarse a las condiciones cambiantes, es sumamente importante contar con la información necesaria para la toma de decisiones. Se recomienda mejorar la cobertura de las estaciones meteorológicas en las cuencas para alcanzar el mínimo recomendado por la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Primero, hay muy pocas estaciones en las cuencas, y la mayor parte de las estaciones se localizan en las partes bajas de las cuencas, por lo que es muy difícil identificar el patrón de variación de la lluvia en altitudes mayores. En el caso del embalse de Cerrón Grande sería importante contar con información de la evaporación de tanque en sitios cercanos al embalse. La inclusión del

parámetro de evaporación en el cálculo del balance permitirá contar con la información para reducir este tipo de pérdidas en la operación de los embalses.

En este estudio el efecto del cambio climático ha sido evaluado a partir de los promedios móviles de cambios en la temperatura y la precipitación, en los que los años de corte corresponden a la información promedio de períodos de diez años. En el corto plazo se recomienda realizar un análisis de la variabilidad climática anual histórica y estimada en los escenarios de precipitación durante las próximas dos décadas para prever posibles cambios en variabilidad entre años más secos y más húmedos.

Para mejorar los resultados del balance de aguas, en el corto plazo se recomienda utilizar modelos que incluyan el uso del suelo y el incremento de la población, considerando sus efectos probables y los recursos para enfrentarlos. Igualmente, se recomienda analizar el efecto del incremento de temperatura sobre la generación de energía en períodos secos. Este efecto podría estarse presentando ya y merece atención para diseñar medidas de adaptación urgentes.

Los análisis operativos deberán considerar también la función de los proyectos de futuros embalses en la adaptación al cambio climático, tanto para la operación rutinaria del embalse y la planta como medidas de emergencia frente a exceso o ausencia de caudal, con consideraciones no solamente de cada planta sino sobre el manejo de cada cuenca.

Se recomienda mejorar la eficiencia de todos los sistemas que utilizan agua ante la menor disponibilidad eventual del recurso y adoptar un manejo adecuado de las cuencas para evitar la erosión de los suelos y la sedimentación de los embalses, así como la regulación del ciclo hidrológico. Para esto se requieren proyectos de reforestación y conservación de bosques y prácticas adecuadas de uso del suelo y el agua de riego.

Se recomienda incluir el parámetro de evaporación en el cálculo del balance de los embalses. Los resultados de las simulaciones sugieren que la operación adecuada de los embalses podría reducir este tipo de pérdidas, por lo que se recomienda su investigación. De la misma manera se considera recomendable implementar sistemas de almacenamiento estacional para compensar el efecto de la reducción de caudales en el período de estiaje.

Para mejorar los niveles de generación de energía en ambas cuencas se recomienda revisar en el corto plazo los modelos de operación de los embalses de las plantas para optimizar la generación de energía ante los escenarios tendenciales de reducción de caudales y ante probables aumentos en la variabilidad de las mismas aun a corto plazo. Se recomienda estudiar el proceso de colmatación de los embalses para cuantificar la disminución de capacidad de generación de las plantas hidroeléctricas, preparar planes de sustitución de generación de energía y recuperar embalses.

Se recomienda aplicar este análisis a otras hidroeléctricas de la región, particularmente las consideradas estratégicas. Será importante estudiar el efecto de los escenarios de cambio climático en la generación de energía de plantas que operan a filo de agua o con embalses de regulación diaria, en especial el efecto en la generación durante el estiaje.

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

2.3. Impactos potenciales en la agricultura

Las actividades agropecuarias en Centroamérica son particularmente sensibles al clima, especialmente debido a su ubicación geográfica, sus características socioeconómicas y tecnológicas. Es el sector productivo que ha sufrido mayores pérdidas y daños por eventos extremos evaluados en las últimas décadas. Del estimado de pérdidas y daños de 23 mil millones acumulados en 22 eventos mayores evaluados en los últimos 35 años en Centroamérica, 48% corresponde a sectores productivos, de lo cual 66% fue en agricultura. (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a y CEPAL, CAC/SICA, 2013a). Ello resulta de especial relevancia atendiendo a que aunque el sector agropecuario contribuye 9% del PIB total regional, emplea 30% de la población ocupada y genera insumos claves para el subsector agroindustrial que contribuye entre 3% (Panamá) y 16% (Nicaragua) de los PIB nacionales en 2013 (SIAGRO-CEPALSTAT).

Las estimaciones de efectos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica fueron iniciadas hace más de una década, y establecieron importantes referencias. (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a) Un estudio reciente, basado en el modelo DSSAT (*Decision Support for Agro-technology Transfer*), estima probables disminuciones en producción de frijol de 12% hacia 2020 y de 19% hacia 2050 en El Salvador, Nicaragua, Honduras y Guatemala con escenario A2. Respecto de la producción de maíz estima una reducción entre 4% y 21% en 2050, dependiendo de la disponibilidad y retención de agua en suelos. El mismo estudio encontró que Guatemala podría resultar menos afectada, con un rango que varía entre un aumento de 0,4% y una reducción de 11% (CIAT, CRS y CIMMYT, 2012). Otro estudio para siete departamentos de Honduras, con el mismo DDSAT y cuatro modelos de circulación general para el escenario A2, estima una reducción de 4% en los rendimientos de maíz y de 11% en los de frijol hacia 2025, y de 12% en maíz y 32% en frijol hacia 2050 (Medeiros y McCandless, 2011).

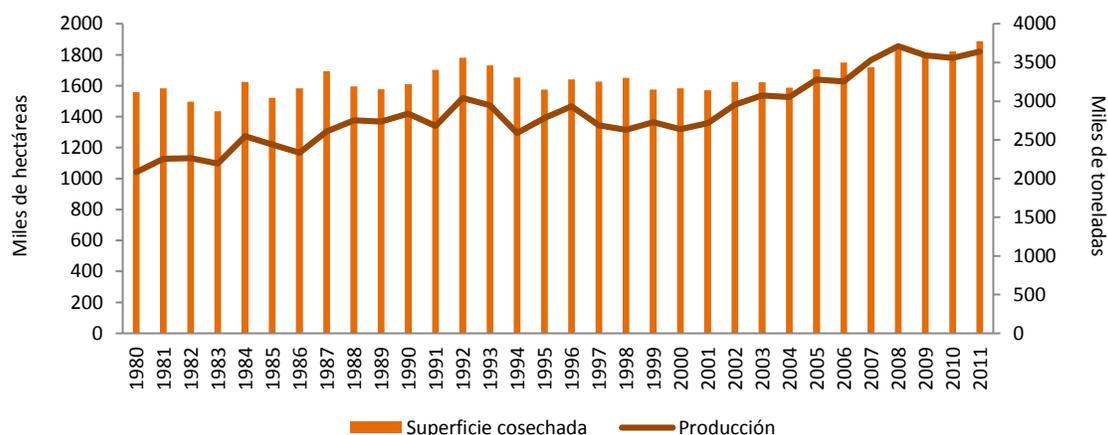
En el marco de un programa de trabajo del Grupo técnico de cambio climático y gestión integral de riesgo del Consejo agropecuario centroamericana (CAC) con la CEPAL se preparó un análisis sobre los impactos potenciales del cambio climático en los granos básicos (CEPAL, CAC/SICA, 2013a). Este análisis estima los niveles de producción y rendimiento de granos básicos en 95 unidades geográficas subnacionales (departamentos, provincias, distritos y comarcas de la región) en la década de 2000. Implicó preparar una climatología ajustada de los promedios de temperatura y precipitación mensual para la misma década. Utilizando el método de funciones de producción, estima el efecto de la temperatura y la precipitación sobre los rendimientos. Sobre la base de esta función, estima los impactos potenciales del cambio climático, utilizando dos escenarios del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC), denominados B2 y A2, el primero menos pesimista y el segundo más pesimista. Los Ministerios de Agricultura de Centroamérica aportaron datos de producción y

rendimiento por departamento, entre los cuales se constató que los más completos son del período 2001-2009.¹⁰

De acuerdo con esta información, Centroamérica produjo 3,6 millones de toneladas de maíz (gráfico 7), 1,2 millones de toneladas de arroz (gráfico 8) y 509.000 toneladas de frijol (gráfico 9) en 2011. La tasa de crecimiento anual de la producción de maíz y frijol fue de 3% y la de arroz fue de 2% en la última década. El mayor productor de maíz es Guatemala con aproximadamente 1,7 millones de toneladas (t) al año, 46% de la producción regional, seguido por El Salvador y Honduras con 755.000 t y 612.000 t, respectivamente. Cabe mencionar que 90% de la producción regional de este grano es de maíz blanco. Los mayores productores de frijol fueron Guatemala, con 216.000 t y Nicaragua con 186.000 t anuales. Ambos produjeron alrededor del 70% del total regional. Los mayores productores de arroz fueron Nicaragua con 416.000 t, Costa Rica con 283.000 t y Panamá con 275.000 t.

Gráfico 7. Centroamérica: superficie y producción de maíz. 1980-2011

(Miles de hectáreas y miles de toneladas)



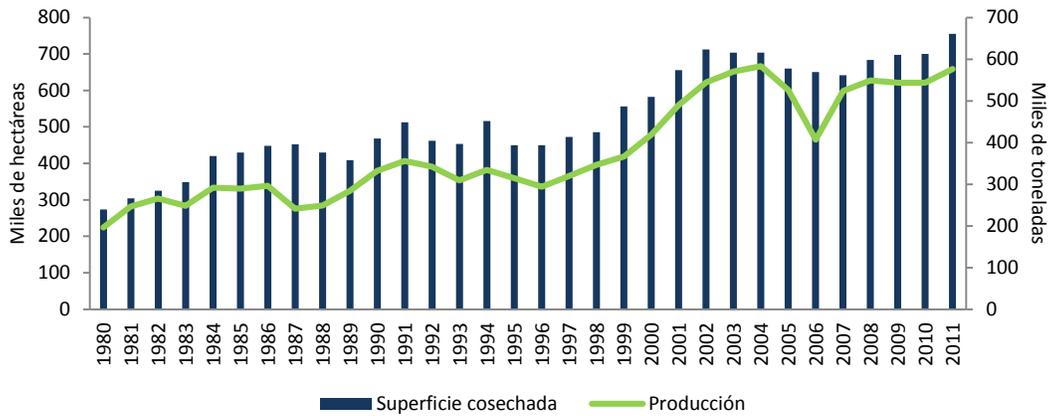
Nota: los datos no incluyen Belice.

Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a, sobre la base de cifras oficiales de los países.

¹⁰ En este documento, la palabra “departamento” designa genéricamente estas divisiones administrativas cuando se habla del conjunto de la región. Las comarcas de Kuna Yala y Ngöbe-Bugle de Panamá cuentan con estimados propios. Debido a la escasa disponibilidad de datos y su ubicación geográfica, se recomienda utilizar los resultados de la provincia de Panamá para las comarcas de Madugandí, y los de Darién para las comarcas Emberá-Wounan y Wargandí.

Gráfico 8. Centroamérica: producción y superficie de frijol. 1980-2011

(Miles de hectáreas y miles de toneladas)

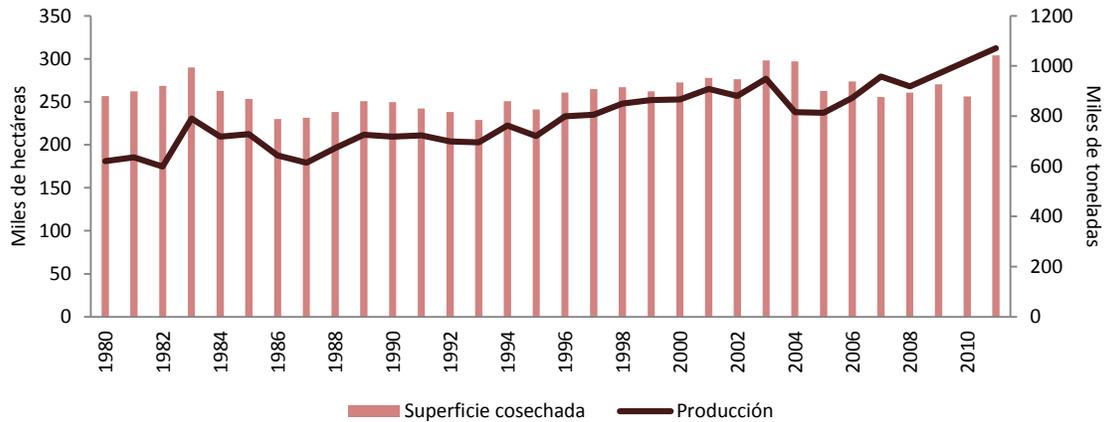


Nota: los datos no incluyen Belice.

Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a, sobre la base de cifras oficiales de los países.

Gráfico 9. Centroamérica: producción y superficie de arroz. 1980-2011

(Miles de hectáreas y miles de toneladas)



Nota: los datos no incluyen Belice.

Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a, sobre la base de cifras oficiales de los países.

2.3.1. Producción y rendimientos de maíz frente al cambio climático

Los departamentos con mayor producción de maíz en el período 2001-2009 fueron El Petén y Alta Verapaz en Guatemala y la región Noreste de Honduras (Olancho). En general, la producción del grano se concentra en la parte norte de la región, donde la mayoría de los departamentos de Guatemala, El Salvador y Honduras y tres de Nicaragua produce más de 70.000 toneladas. Entre 1980 y 2011, los rendimientos aumentaron 0,4 toneladas por hectárea (t/ha) en Centroamérica hasta alcanzar 1,8 t/ha en 2011, comparado con un aumento de dos t/ha a nivel mundial para alcanzar 5,2 t/ha en este último año. En cuanto a los rendimientos de maíz por país, los mayores se registran en El Salvador y Belice con 2,8 y 2,2 t/ha en el período 2001-2009; los menores son los de Honduras y Panamá con 0,9 t/ha en el mismo período.

Los impactos potenciales sobre los rendimientos de maíz en los escenarios B2 y A2 (cuadro 2) fueron estimados tomando en cuenta los coeficientes de las funciones de producción históricas y permitiendo que los promedios de temperatura y lluvia acumulada mensuales varíen según dichos escenarios, mientras los valores del resto de las variables se mantienen constantes sin considerar acciones de adaptación. Bajo el escenario B2 al corte de 2020, el rendimiento regional promedio de maíz podría disminuir 4% con las siguientes variaciones: 1% en Guatemala, 3,5% en El Salvador, 4,8% en Honduras, 5% en Costa Rica, 6% en Nicaragua y 7% en Panamá y Belice. Hacia 2050, las reducciones podrían tener un rango de 4% en Guatemala hasta 14% en Panamá. Hacia finales del siglo, los países más afectados serían Belice, Nicaragua, Panamá y Honduras, cuyos rendimientos disminuirían más de 24%. La reducción a nivel regional sería de 17%.

Cuadro 2. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de maíz en escenarios B2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100

	Promedio de rendimientos					
	2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
	(t/ha)	(En porcentajes)				
	Escenario B2					
Belice	2,16	-6,76	-11,22	-13,79	-20,36	-28,13
Costa Rica	1,83	-5,11	-9,78	-8,60	-8,60	-12,51
El Salvador	2,79	-3,46	-7,18	-9,33	-12,24	-16,18
Guatemala	1,91	-1,00	-3,83	-3,94	-4,77	-7,07
Honduras	1,49	-4,76	-9,91	-12,93	-16,73	-23,69
Nicaragua	1,55	-6,10	-11,65	-13,62	-17,51	-26,00
Panamá	0,94	-6,92	-12,56	-14,40	-16,77	-25,10

	Promedio de rendimientos					
	2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
Centroamérica	1,81	-3,99	-8,19	-9,53	-12,07	-17,27
Escenario A2						
Belice	2,16	-10,44	-11,99	-21,16	-32,23	-43,35
Costa Rica	1,83	-11,11	-5,95	-15,82	-26,48	-30,12
El Salvador	2,79	-11,50	-8,87	-18,20	-26,60	-37,40
Guatemala	1,91	-7,39	-6,71	-11,35	-14,86	-21,77
Honduras	1,49	-10,89	-11,03	-20,51	-30,23	-42,28
Nicaragua	1,55	-11,06	-10,58	-20,74	-33,36	-45,01
Panamá	0,94	-2,04	-2,01	-5,78	-28,03	-43,22
Centroamérica	1,81	-9,15	-8,07	-15,67	-25,13	-34,94

Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a.

En el escenario más pesimista (A2), la disminución de los rendimientos sería mayor que en B2, sobre todo a partir del corte de 2030. Hacia 2100, la caída del promedio regional sería el doble que en B2. Al corte 2020, el rendimiento promedio regional disminuiría en 9% y los países más afectados serían El Salvador, Costa Rica y Nicaragua con reducciones de 11%. Hacia 2050, el rendimiento promedio regional bajaría 16%, con variaciones de 6% en Panamá a 21% en Belice, Nicaragua y Honduras. Hacia finales del siglo, la reducción del promedio regional sería de 35% con variaciones entre 22% en Guatemala y 45% en Nicaragua y seis países podrían sufrir reducciones mayores a la tercera parte. Los rangos de cambios en los rendimientos de los departamentos serían como sigue: Belice entre -36% y -55%, Costa Rica entre -12% y -49%, El Salvador entre -27% y -79%, Guatemala entre 23% y -70%, Honduras entre -32% y -61%, Nicaragua entre -29% y -69% y Panamá entre -30% y -67%. Panamá seguiría teniendo los menores rendimientos relativos, mientras que Guatemala tendría los mayores, beneficiándose de las temperaturas más bajas en sus tierras altas. Sus departamentos de Guatemala, Quetzaltenango, El Quiché, Chimaltenango, Totonicapán y Sololá podrían experimentar aumentos, mientras que Izabal, Suchitepéquez, El Petén, Chiquimula y Escuintla presentarían reducciones mayores a 50%.

Para ilustrar, los cinco departamentos con producción de maíz mayor a 100 mil toneladas promedio anual entre 2001-2009, son el Nororiente de Honduras y Jutiapa, El Quiché, Peten y Alta Verapaz de Guatemala, con rendimientos promedios de 2.0, 1.9, 1.7, 1.7 y 1.4 t/h respectivamente (mapa 3). Con el escenario A2, dichos rendimientos podrían bajar a 1.5, 1.7, 1.7, 1.3 y 1.2 t/h al corte 2050 y 0.8, 1.3, 1.8, 0.8 y 1.1 t/h al corte 2100. Los rendimientos de El Quiché podrían mantenerse o ser ligeramente mayores.

Mapa 3. Centroamérica: rendimientos de maíz por departamento, promedio 2001–2009 y escenario A2 con cortes a 2100

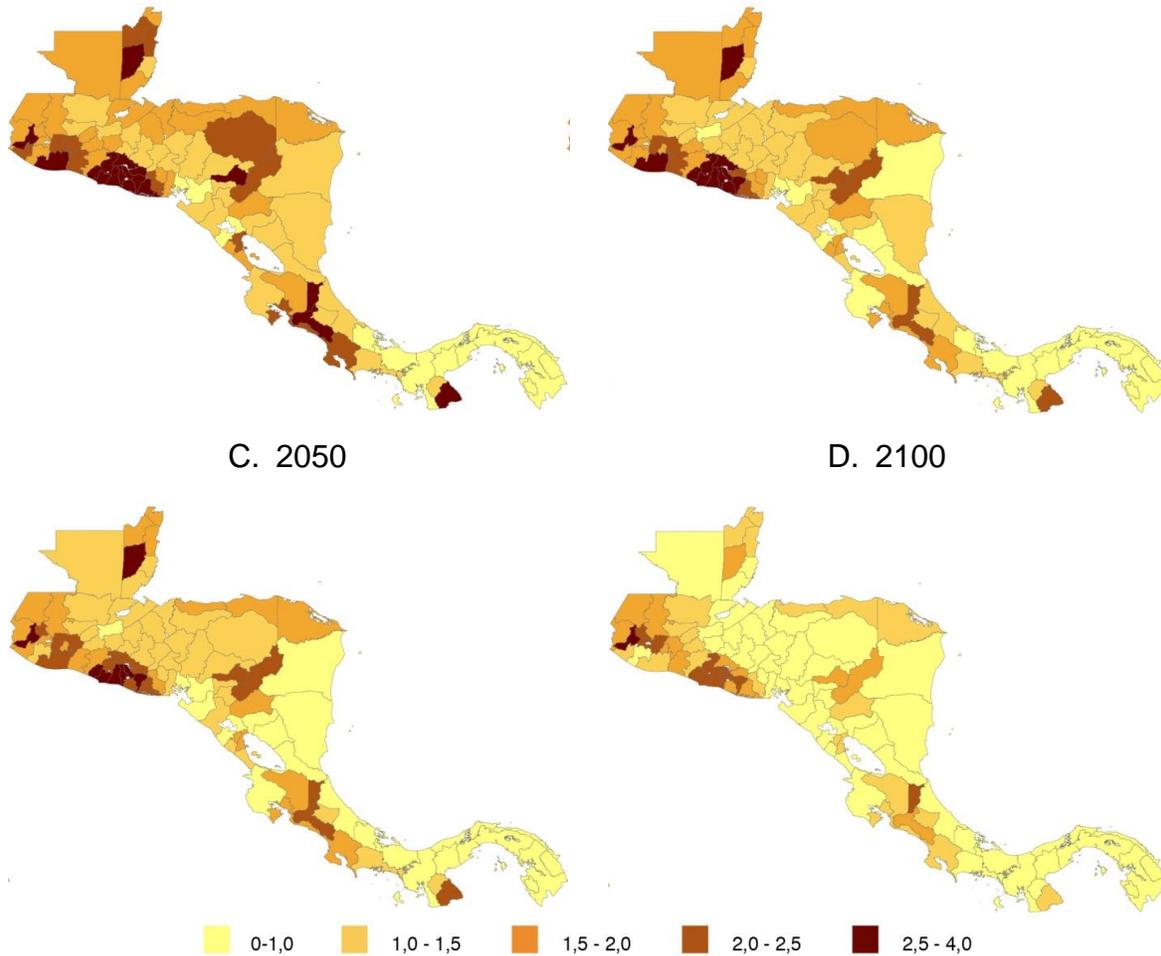
(En grados centígrados)

A. Promedio 2001-2009

B. 2020

C. 2050

D. 2100



Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a

Resumiendo la relación entre lluvia, temperatura y rendimientos en el período histórico, 32 departamentos registraron rendimientos inferiores a 1,5 t/ha, con un promedio de lluvia acumulada anual de 1.607 mm y una temperatura promedio de 24,1 °C. Hacia 2050 con B2, 39 departamentos lo podrían experimentar, y hacia finales del siglo serían 49 departamentos con un promedio regional de precipitación de 1.250 mm y una temperatura promedio de 27,1 °C. En el escenario A2 las reducciones serían mayores: 45 departamentos tendrían rendimientos menores a 1.5 t/ha en el corte 2050, y hacia final del siglo serían 59 departamentos.

2.3.2. Producción y rendimientos de frijol frente al cambio climático

En el caso del frijol, la producción ha crecido 3,4% anual en las últimas tres décadas en Centroamérica. La superficie cosechada representó alrededor de 3,6% de la superficie agrícola total en la última década. En general, la superficie sembrada presenta oscilaciones con una tendencia creciente, aumentando de 273.000 ha en 1980 a 755.000 ha en 2011. Entre 1980 y 2011, el rendimiento se mantuvo estable en 0,7 t/ha, mientras que a nivel mundial aumentó de 0,5 t/ha a 0,8 t/ha. Las zonas con mayores rendimientos, de 0,80 t/ha o más, son la costa de Belice, El Petén y nueve otros departamentos de Guatemala, gran parte de El Salvador, cuatro departamentos de Honduras, cinco de Nicaragua y Alajuela en Costa Rica.

Con el escenario B2 al corte 2020, el rendimiento regional promedio decrecería 3%, con una ganancia de 4% en Guatemala y pérdidas de 3% en Honduras, 4% en Panamá, 5% en El Salvador, 5,5% en Nicaragua, 7% en Belice y 8% en Costa Rica (cuadro 3). Hacia 2050, los impactos se traducirían en una ganancia de 1,5% en Guatemala y reducciones en el resto de los países: entre 7% en Honduras hasta un máximo de 16% en Panamá. Hacia el final del siglo, los países más afectados serían Panamá con una reducción de 50%, Belice con 33% y Costa Rica y Nicaragua con reducciones superiores al 25%. Es notable que los rendimientos disminuirían en casi todos los departamentos, salvo en 12 departamentos del Altiplano Occidental Guatemalteco, Jinotega en Nicaragua y San José en Costa Rica podrían tener incrementos.

Con el escenario A2 (cuadro 3), las pérdidas regionales serían más del doble que en B2 en cada corte, con excepción de 2030. Al corte 2020, el rendimiento regional disminuiría 11%; El Salvador, Costa Rica y Nicaragua serían los más afectados con reducciones entre 14% y 16%.

Cuadro 3. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de frijol con escenario B2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100

	Promedio de rendimientos					
	2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
	(t/ha)	(En porcentajes)				
		Escenario B2				
Belice	0,8	-6,92	-10,60	-13,10	-25,06	-32,98
Costa Rica	0,5	-7,71	-16,56	-9,61	-13,46	-28,37
El Salvador	0,9	-4,70	-7,36	-8,69	-13,72	-17,26
Guatemala	0,7	3,71	1,52	1,50	1,76	0,94
Honduras	0,7	-3,35	-6,68	-7,10	-12,70	-20,39
Nicaragua	0,7	-5,52	-12,01	-11,68	-15,95	-26,11
Panamá	0,3	-4,06	-22,08	-15,98	-28,09	-50,02

	Promedio de rendimientos					
	2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
Centroamérica	0,7	-2,86	-7,88	-7,53	-12,26	-19,32
Escenario A2						
Belice	0,8	-9,06	-13,90	-23,38	-36,69	-53,57
Costa Rica	0,5	-15,65	-7,09	-20,16	-42,22	-47,64
El Salvador	0,9	-16,47	-13,19	-24,14	-35,00	-48,92
Guatemala	0,7	-6,99	-6,94	-8,79	-10,14	-17,44
Honduras	0,7	-11,77	-11,40	-19,00	-28,29	-42,04
Nicaragua	0,7	-14,45	-12,80	-22,74	-39,80	-54,39
Panamá	0,3	-1,03	-2,55	0,60	-43,00	-70,60
Centroamérica	0,7	-11,13	-10,20	-17,09	-29,99	-43,21

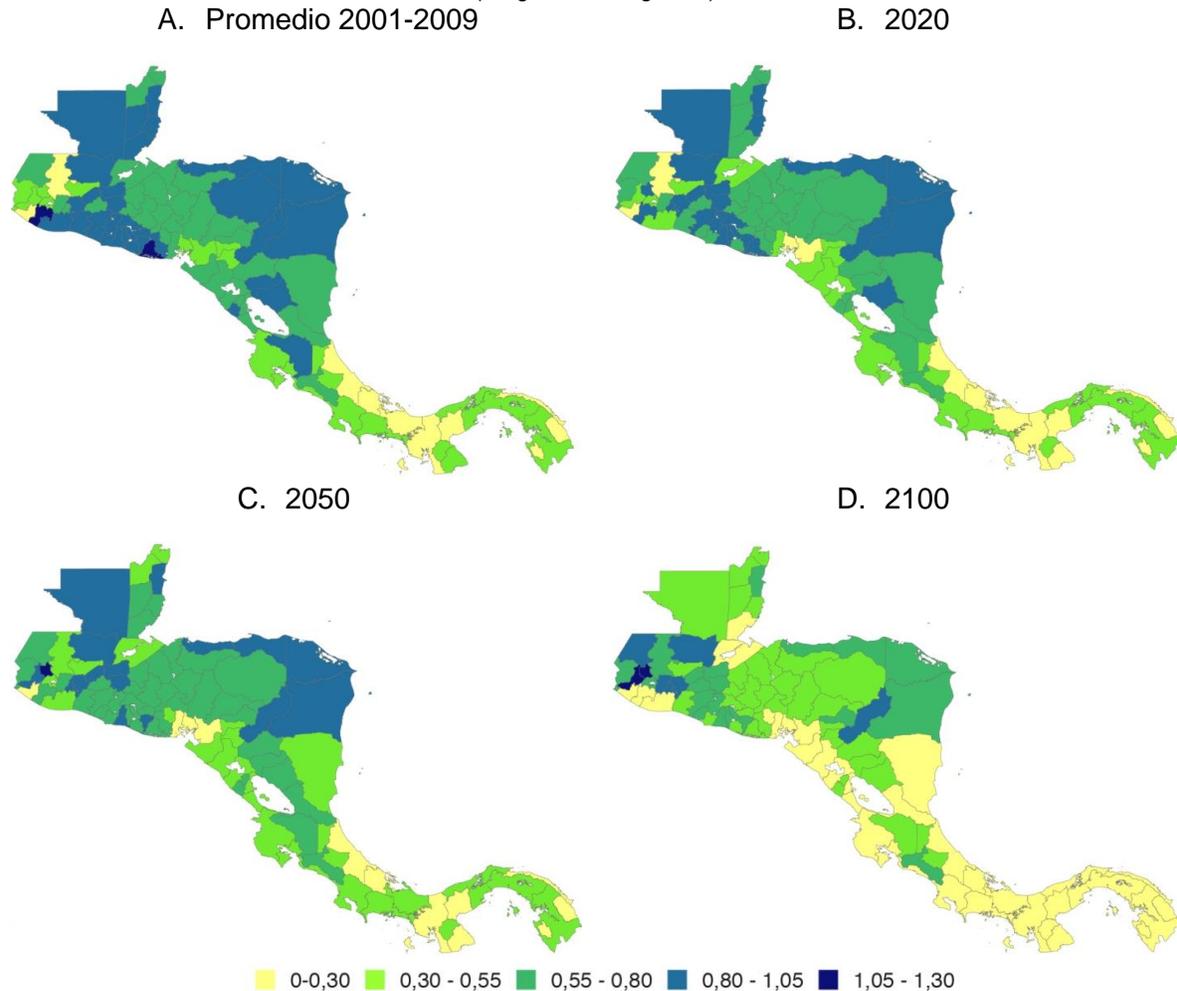
Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a

Para 2050, el rendimiento regional bajaría 17%, con un rango entre un aumento de 0,5% en Panamá y una reducción de 24% en El Salvador.

Hacia finales del siglo, el rendimiento regional podría disminuir 43%; la menor reducción, 17%, sería la de Guatemala y la mayor, 71%, sería la de Panamá. Cinco países experimentarían pérdidas mayores a 45%. El rango de cambios en los rendimientos de los departamentos agrupados por país serían: Belice entre -43% y -73%, Costa Rica entre -11% y -83%, El Salvador entre -28% y -100%, Guatemala entre un aumento de 100% y una reducción de 82%, Honduras entre -28% y -77%, Nicaragua entre -0% y -81% y Panamá entre -29 y -100%. Los rendimientos más bajos seguirían siendo los de Panamá, sobre todo en la segunda mitad del siglo. El caso más contrastante es el de Guatemala, donde siete departamentos del Altiplano, Chimaltenango, El Quiché, Huehuetenango, Quetzaltenango, San Marcos, Sololá y Totonicapán podrían experimentar incrementos en rendimientos superiores a 40%, mientras que El Petén, Escuintla, Izabal y Suchitepéquez perderían más de 50%.

Para ilustrar, los seis departamentos con producción de frijol mayor a 21 mil toneladas promedio anual entre 2001-2009, son el Nor-oriente y Centro-oriente de Honduras, Jinotega, el Atlántico Sur y Matagalpa de Nicaragua y Jutiapa de Guatemala (mapa 4), con rendimientos promedios de 0,8, 0,7, 0,9, 0,7, 0,8 y 0,9 t/h respectivamente. Con el escenario A2, dichos rendimientos podrían bajar a 0,7, 0,6, 0,9, 0,5, 0,7 y 0,8 t/h al corte 2050 y 0,4, 0,5, 0,9, 0,1, 0,5 y 0,6 t/h al corte 2100. Los rendimientos de Jinotega se mantendrían constantes.

Mapa 4. Centroamérica: rendimientos de FRIJOL por departamento, promedio 2001–2009 y escenario A2 con cortes a 2100
(En grados centígrados)



Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a

Resumiendo la relación entre lluvia, temperatura y rendimientos de frijol en el período histórico, 27 departamentos registraron rendimientos inferiores a 0,55 t/ha, con un promedio de lluvia acumulada anual de 1.607 mm y una temperatura promedio de 24,1 °C. Con B2 hacia 2050, 28 departamentos lo experimentarían, y hacia finales del siglo serían 38 departamentos con un promedio regional de precipitación de 1.250 mm y una temperatura promedio de 27,1 °C. Con el escenario A2, las reducciones serían mayores: 36 departamentos tendrían rendimientos menores a 0,55t/ha en el corte 2050, y hacia final del siglo, serían 58 departamentos, con un promedio de lluvia acumulada anual de 844 mm y una temperatura promedio de 28,4 °C.

2.3.3. Producción y rendimientos de arroz frente al cambio climático

La producción de arroz en Centroamérica creció a una tasa menor que la mundial en el período 1980-1995, 0,6% promedio anual, pero entre 1995 y 2011 la tasa creció a 3,5% anual, superior a la mundial. La superficie de arroz tuvo una tasa de crecimiento de 0,55% anual entre 1980 y 2011, llegando a cubrir 1,5% de la superficie cultivada total en 2011, de 256.000 ha en 1980 a 304.000 ha en 2011. En el mismo período, el rendimiento aumentó de 2,8 t/ha a 4,1 t/ha, más que el de los otros granos, mientras que el promedio mundial creció de 2,7 t/ha a 4,4 t/ha. La zona sur de la costa del Pacífico de la región tuvo la mayor producción de arroz entre 2001 y 2009, abarcando departamentos de Nicaragua, Costa Rica y Panamá. Destaca Chiriquí en Panamá con el promedio anual más alto, 142.000 toneladas. En cuanto a los rendimientos, La Libertad y Chalatenango en El Salvador superaron las 7 t/ha entre 2001 y 2009, y El Salvador, el Centro Occidental y Norte de Honduras, El Petén, San Marcos y Quetzaltenango, Chiquimula y Escuintla en Guatemala y Belice y Orange Walk en Belice tienen rendimientos mayores a 3 t/ha pero su producción es limitada. Los departamentos con altos rendimientos y alta producción son Guanacaste, Puntarenas y Alajuela en Costa Rica con 3,3 t/ha. Panamá, uno de los mayores productores, tiene el rango de rendimiento más bajo.

En el escenario B2 al corte 2020, los rendimientos decrecerían 8% como promedio regional, con los siguientes promedios nacionales: 5% en Guatemala, 7% en Costa Rica y El Salvador, 8% en Honduras, 9% en Panamá y 11% en Belice y Nicaragua (cuadro 4). En 2050 las reducciones irían desde 10% en Guatemala hasta 23% en Nicaragua, con un promedio regional de 15%. Hacia finales del siglo, Guatemala experimentaría una reducción de 20%, mientras que las de Honduras, Panamá, Belice y Nicaragua serían mayores a 30%, lo cual sería el promedio regional. Sólo los rendimientos de El Quiché, Quetzaltenango y Totonicapán en Guatemala aumentarían. Dieciséis departamentos presentarían decrementos superiores a 50%, concentrados en Nicaragua y Panamá.

Cuadro 4. Centroamérica: Evolución de los rendimientos de arroz con escenario b2 y A2, promedio 2001-2009 y cortes a 2100

(En porcentajes)

	Promedio de rendimientos					
	2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
	(t/ha)	(En porcentajes)				
		Escenario B2				
Belice	2,8	-10,56	-12,97	-18,65	-31,76	-40,42
Costa Rica	3,3	-7,02	-11,91	-13,30	-17,96	-25,37
El Salvador	5,3	-6,81	-10,01	-13,64	-20,35	-26,20
Guatemala	2,6	-4,63	-7,46	-9,79	-15,48	-20,27
Honduras	2,3	-7,90	-11,92	-15,68	-23,98	-32,48

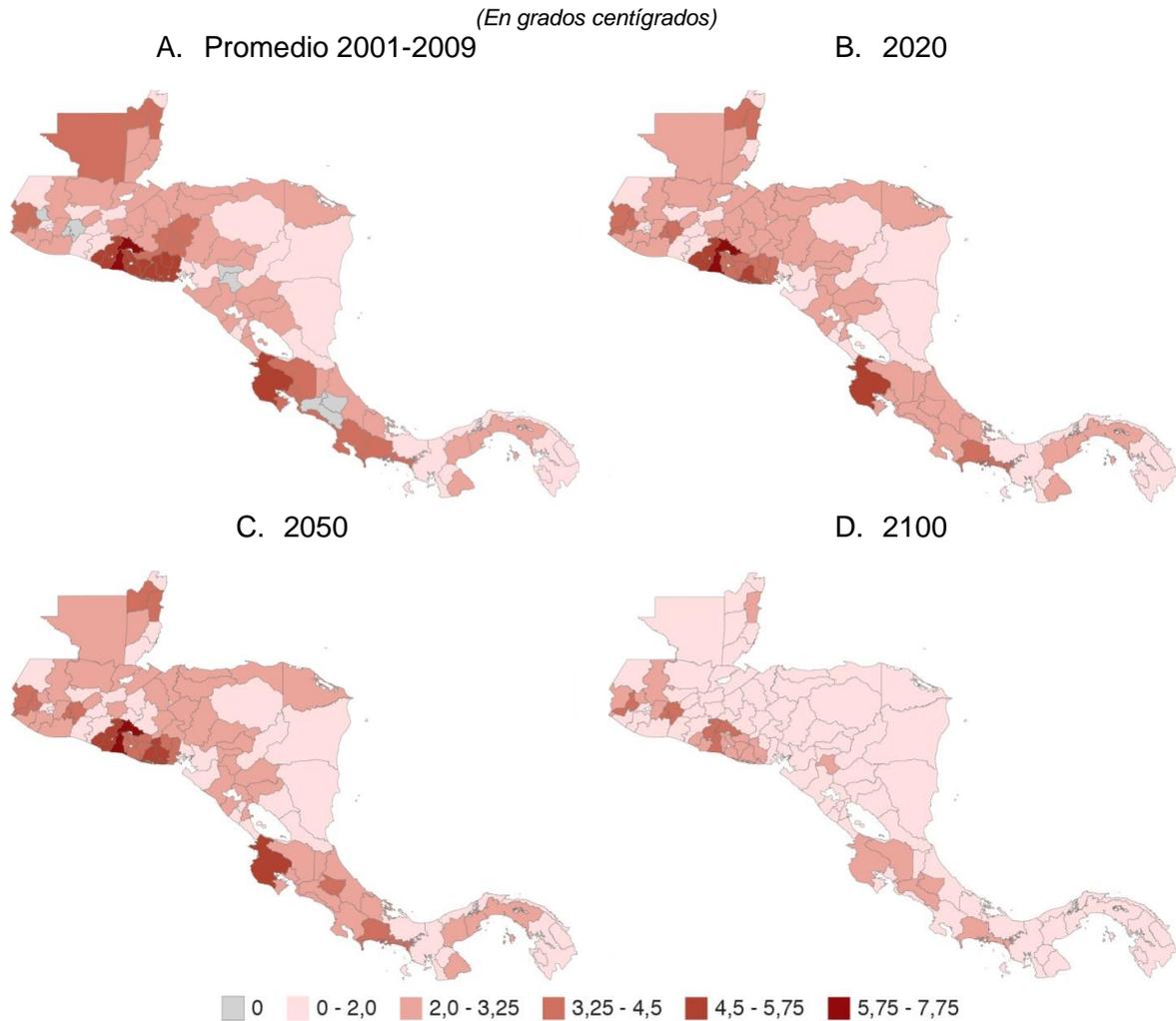
	Promedio de rendimientos					
	2001-2009	2020	2030	2050	2070	2100
Nicaragua	2,2	-11,43	-18,78	-23,25	-32,71	-47,41
Panamá	1,8	-8,82	-16,50	-18,08	-24,97	-34,25
Centroamérica	2,9	-7,53	-11,88	-15,06	-22,41	-30,23
Escenario A2						
Belice	2,8	-9,87	-15,61	-24,74	-41,54	-56,98
Costa Rica	3,3	-10,01	-9,09	-19,85	-32,83	-39,98
El Salvador	5,3	-13,11	-12,05	-24,32	-36,21	-50,32
Guatemala	2,6	-9,33	-10,38	-19,27	-28,63	-41,71
Honduras	2,3	-11,60	-13,80	-24,37	-36,67	-49,92
Nicaragua	2,2	-15,94	-18,84	-33,60	-53,55	-68,84
Panamá	1,8	-6,07	-7,19	-12,07	-35,38	-48,89
Centroamérica	2,9	-11,07	-12,26	-22,60	-36,78	-50,25

Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a.

Con A2 se prevé que la disminución de los rendimientos de arroz sea mayor que en B2, especialmente a partir del corte 2030. En el corte 2020, el promedio de disminución regional sería de 11%; el país más afectado sería Nicaragua, cuyos rendimientos disminuirían 16%. En 2050, la región sufriría un decremento promedio de 23%, en un rango de 12% en Panamá a 34% en Nicaragua. Para final del siglo se prevé una reducción en un rango entre 49% y 69%, y un promedio regional de 50%. Nicaragua y Belice serían los más afectados con reducciones superiores al promedio, 69% y 57%, respectivamente. En este escenario, el menos afectado también sería Guatemala con 42%. Hacia finales del siglo, los rangos de las disminuciones departamentales por país serían: entre 48% y 68% en Belice, entre 17% y 47% en Costa Rica, entre 39% y 97% en El Salvador, entre un aumento de 10% y un reducción de 79% en Guatemala, entre 35% y 74% en Honduras, entre 41% y 100% en Nicaragua y entre 28% y 100% en Panamá. Los mayores rendimientos para el corte 2100, superiores a 2 t/ha, se experimentarían en un departamento de Belice, dos de Costa Rica, 12 de El Salvador, cuatro de Guatemala y una provincia de Panamá. Los menores, inferiores a 1 t/ha, ocurrirían en 33 departamentos de Nicaragua y Panamá.

Para ilustrar, los siete departamentos con producción de arroz mayor a 28.5 mil toneladas promedio anual entre 2001-2009, son Chiriquí, Coclé y Veraguas de Panamá, Guanacaste, Puntarenas y Alajuela de Costa Rica, y Matagalpa de Nicaragua (mapa 5), con rendimientos promedios de 3,9, 2,5, 1,8, 5,0, 3,6, 3,3 y 2,9 t/h respectivamente. Con el escenario A2, dichos rendimientos podrían bajar a 3,6, 2,3, 1,7, 4,0, 3,0, 2,8 y 2,0 t/h al corte 2050 y 2,5, 1,7, 1,2, 2,9, 1,9, 2,2 y 1,1 t/h al corte 2100.

Mapa 5. Centroamérica: rendimientos de ARROZ por departamento, promedio 2001–2009 y escenario A2 con cortes a 2100.



Fuente: CEPAL, CAC/SICA, 2013a

Resumiendo la relación entre lluvia, temperatura y rendimientos de arroz en el período histórico, 23 departamentos registraron rendimientos inferiores a 2t/ha, con un promedio de lluvia acumulada anual de 1.607 mm y una temperatura promedio de 24,1 °C. Con B2 hacia 2050, 30 departamentos experimentarían estos rendimientos, y hacia finales del siglo serían 50 departamentos, con un promedio regional de precipitación de 1.250 mm y una temperatura promedio de 27,1 °C. Con el escenario A2, las reducciones serían mayores: 39 departamentos experimentarían rendimientos menores a 2t/ha en el corte 2050 y, hacia final del siglo, serían 58 departamentos, con un promedio de lluvia acumulada anual de 844 mm y una temperatura promedio de 28,4 °C.

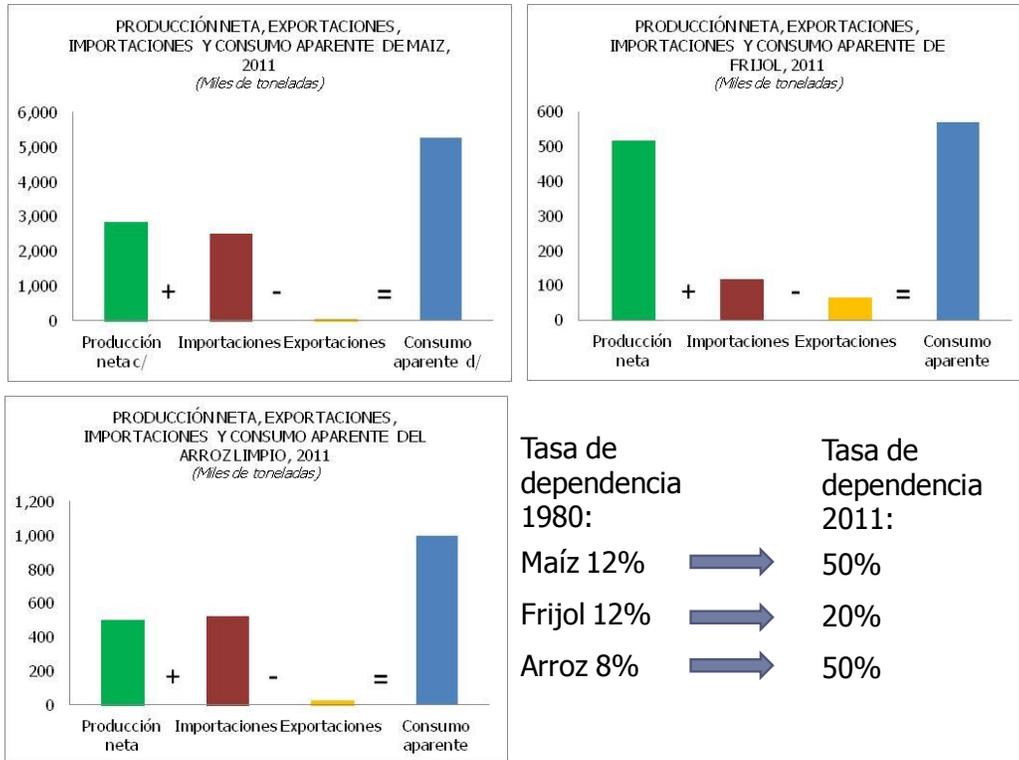
En conclusión, se estima que los impactos del cambio climático en la producción de granos básicos en Centroamérica serían marcadamente mayores

en el escenario A2 (emisiones crecientes e inacción global) que en el escenario B2 (trayectoria de alza de emisiones menor). Con A2 al final del siglo, las reducciones regionales estimadas serían: 35%, 43% y 50% para el maíz, frijol y arroz, respectivamente, en comparación con 17%, 19% y 30% con B2; por lo cual es importante seguir insistiendo en un esfuerzo global de reducción las emisiones. No obstante, los escenarios sugieren que la diversidad de rendimientos del período histórico podría combinarse con variaciones en impactos de cambio climático que mantendrían y ampliarían la heterogeneidad de los rendimientos departamentales y nacionales, aun sin acciones de adaptación y de mejora de la sostenibilidad de la producción. Así los resultados sugieren que habrá diferentes condiciones y medidas apropiadas de adaptación dependiendo del departamento e inclusive dentro de cada uno.

El impacto menor y los aumentos potenciales en rendimientos estimados para el Altiplano Occidental Guatemalteco y otras tierras altas de la región no significa que aumentar la superficie de producción sea necesariamente una opción recomendable. Es necesario considerar aspectos como el uso apropiado de suelo para bosques y otros ecosistemas, la topografía accidentada, los riesgos de erosión y el cuidado de las cuencas hidrológicas. Igualmente, las estimaciones no toman en cuenta el efecto acumulativo de las prácticas agrícolas actuales sobre el ambiente y su propia sostenibilidad, como la degradación del suelo y su erosión, que podrían contribuir a reducir los rendimientos futuros.

La producción regional ha sido insuficiente para cubrir la demanda de consumo aparente, sobre todo la de maíz y arroz. En la última década, el consumo aparente de maíz creció a una tasa de 4,5% anual, mayor a la tasa de 3% de producción neta. En el caso del frijol, ambas variables han crecido a una tasa de 3,25% anual en las últimas tres décadas. El consumo aparente de arroz ha crecido un 4% anual en las últimas tres décadas, mientras que la producción se ha estancado en una tasa del 1,9 % de aumento anual. Así, la región recurre a mayores importaciones y las tasas de dependencia (importaciones/consumo aparente) de maíz, frijol y arroz han aumentado de 14%, 16% y 13% en 1980 a 47%, 21% y 47% en 2011, respectivamente. Los países con mayores importaciones de maíz son Guatemala, Costa Rica y El Salvador con 710.000 t, 616.000 t y 600.000 t en 2011. No obstante, 88% de las importaciones son de maíz amarillo, utilizado principalmente para consumo pecuario, no de maíz blanco para consumo humano. Igualmente, es importante mencionar que hace unas décadas la región producía sorgo, principalmente para consumo pecuario, pero se ha declinado a niveles bajos. En el caso del frijol, El Salvador, Costa Rica y Guatemala importaron 44.000 t, 37.500 t y 27.500 t en 2011, los mayores volúmenes de la región. Nicaragua ha exportado frijol, especialmente la variedad roja, desde los años noventa, llegando a exportar 55.000 t en 2010. Actualmente, Honduras y Nicaragua son los principales importadores de arroz, con 145.000 t y 133.000 t en 2011 (gráfico 10)

Gráfico 10. Centroamérica: Producción neta, exportaciones, importaciones y consumo aparente de granos básicos, 1980 y 2011
(miles de toneladas)



Fuente: CEPAL, CAC/SICA 2013b.

El sector agropecuario es altamente vulnerable al cambio climático, es el segundo emisor de gases de efecto invernadero y alberga una buena parte de la población que vive en pobreza y que produce los alimentos básicos de la dieta regional. Así que se requiere una visión estratégica para maximizar los cobeneficios y minimizar los costos a nivel de finca y en las cadenas de valor. En este sentido, los esfuerzos de adaptación, de integración de medidas de adaptación en los planes agrícolas de mitigación, y de programas de mitigación basada en adaptación que la región está implementando son muy importantes.

La respuesta agrícola al cambio climático requerirá una estrecha coordinación de políticas con otros sectores para reducir la deforestación y proteger la biodiversidad y el recurso agua. Habrá que reconocer y considerar el potencial de expansión de experiencias que han fortalecido el bienestar de poblaciones rurales e indígenas con procesos productivos más sostenibles, como la agroforestería y la combinación de actividades agrícolas con las de protección de ecosistemas naturales y pago por servicios ambientales.

Considerando que el sector es el mayor consumidor de agua, cuya disponibilidad puede reducirse en la mayor parte de la región con el cambio climático y el incremento de la población, todo esfuerzo para aumentar la eficiencia del uso del recurso es clave. Programas para aumentar el acceso de poblaciones rurales dispersas a fuentes de energía renovable como la solar y la generación hidroeléctrica de menor escala, como las propuestas de La Estrategia Energética Sustentable Centroamericana 2020, también son claves.

Con honrosas excepciones, la mayoría de los países han experimentado descapitalización del medio rural y reducido programas de titulación de tierras, extensión, reducción de pérdidas post cosecha, acceso a mercados y fortalecimiento de capacidades. El consumo de granos básicos de los países de la región depende cada vez más de los mercados internacionales en un contexto en que la creciente demanda de alimentos, combinados con los estragos del cambio climático, podría aumentar los riesgos de escasez y altos precios o grandes fluctuaciones en los mismos. Adicional a los esfuerzos nacionales, la región tiene oportunidades importantes para enfrentar colectivamente estos riesgos, incluyendo sus diversas capacidades internas de producción actuales y futuras, el comercio intrarregional de alimentos y la creación de reservas estratégicas.

Diversos instrumentos regionales ya proporcionan un marco para estos esfuerzos, entre ellos La Estrategia Regional Agroambiental y de Salud, la Política Agrícola Centroamericana 2008-2017, la Estrategia Centroamericana de Desarrollo Rural Territorial, la Estrategia Regional de Cambio Climático, la Estrategia Regional Ambiental Marco y la Política Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Centroamérica y la República Dominicana.

Recuadro 4. Recomendaciones para granos básicos frente al cambio climático

Blindar la seguridad alimentaria y nutricional ante el cambio climático, particularmente los granos básicos y transitar hacia una agricultura más sostenible e incluyente son retos enormes e impostergables para proteger a la población pobre del campo y la ciudad. Algunas líneas de acción que podrán conformar la respuesta a la amenaza del cambio climático sobre los granos básicos pueden ser las siguientes:

- Ampliar las redes de productores, los diálogos con actores y los servicios de innovación y extensión agrícola para identificar y difundir opciones de adaptación sostenible: cambios de prácticas de cultivo, manejo de fertilidad, humedad y retención del suelo, colecta, almacenamiento y uso eficiente del agua, tiempos de siembra y manejo postcosecha.
- Proteger y fomentar el desarrollo e intercambio de variedades criollas mediante esfuerzos conjuntos de productores e instituciones de tecnología agrícola para contar con variedades resilientes al cambio climático y proteger la agrobiodiversidad de la región.
- Ampliar créditos e incentivos que apoyen la producción sostenible y adaptativa frente al cambio climático, incluyendo medidas para mejorar la eficiencia del

uso de agua y reducir el uso de insumos emisores de GEI y de otros efectos contaminantes.

- Desarrollar seguros agrícolas e instrumentos de cobertura de riesgos del sector y ampliar los fondos de contingencia y de reducción de riesgos.
- Considerar opciones de ampliación de la cobertura de áreas de riego en función de los escenarios climáticos y utilizando tecnologías eficientes.
- Reducir la producción en zonas no aptas por su tipo de suelo, orografía y cambios de clima, y aumentarla en zonas más aptas con debida atención a los derechos de los productores y la conservación de ecosistemas.
- Recuperar y rehabilitar tierras degradadas, promoviendo su manejo sostenible con tecnologías apropiadas, especialmente en las áreas secas.
- Ampliar la formalización de la tenencia de la tierra, incluyendo tenencia colectiva, comunitaria y de pueblos indígenas.
- Aumentar el acceso a servicios de educación, salud y fuentes de energía renovables como la solar, la eólica, la hidroeléctrica de menor escala y de “deshechos” orgánicos producidos en la misma finca para crear circuitos sostenibles de energía y producción.
- Impulsar prácticas sostenibles de producción diversificada, incluyendo la agroforestería y los sistemas agrosilvopecuarios.
- Diversificar y fortalecer las fuentes de ingreso de las familias productoras con una perspectiva de sostenibilidad, incluyendo pago por servicios ambientales de un manejo sostenible de cuencas y bosques, cosecha de productos no maderables, bonos de reducciones de emisiones 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 impactos físicos y económicos actuales y potenciales en los sistemas productivos de granos básicos y sus cadenas de valor.
- Fortalecer la formulación de pronósticos y alertas climáticas con sistemas de divulgación que permitan el acceso amplio de los productores a recomendaciones relativas a los ciclos productivos.
- Incorporar el cambio climático en las políticas y los presupuestos nacionales para el sector y coordinar esfuerzos con los actores responsables para reducir la deforestación, proteger la biodiversidad y gestionar los recursos hídricos.
- Analizar los proyectos de inversión en infraestructura rural para incorporar criterios de blindaje frente al cambio climático y de beneficio efectivo a los pequeños productores, ampliando los mecanismos de gestión participativa.
- Incorporar incentivos en las políticas fiscales y de competencia para estimular la productividad, la sostenibilidad y la adaptación de las cadenas de valor de granos básicos.

- Vincular explícitamente las decisiones de desarrollo agropecuario con las medidas y metas de freno a la deforestación y la conservación de servicios ambientales, incluyendo su función en la gestión integral del agua y como sumideros de carbono.
- Avanzar en la seguridad alimentaria nacional y regional mediante el fomento de la complementariedad productiva de diferentes áreas geográficas, protección de los productores y facilitación del comercio intrarregional, incluyendo los mecanismos regionales de sanidad agropecuaria, inocuidad de alimentos, innovación tecnológica y eficiencia energética.

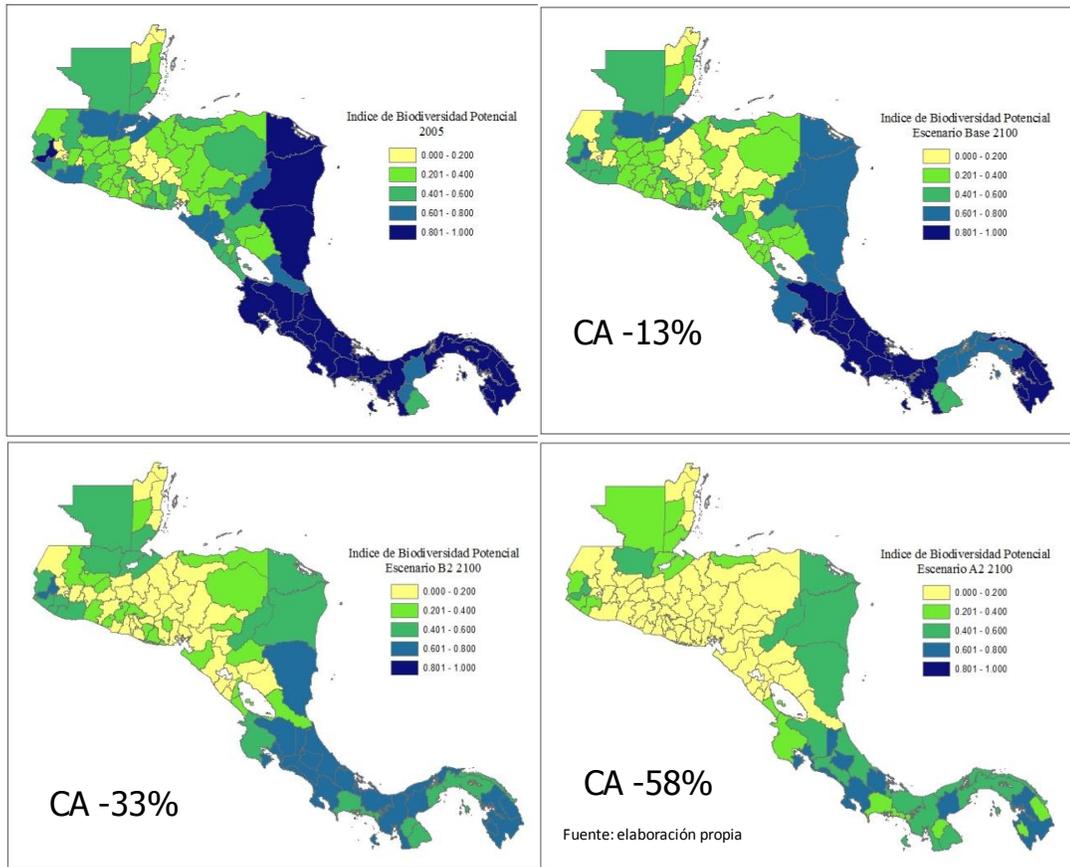
Fuente: CEPAL y CAC/SICA, 2013a.

2.4. Impactos potenciales en los ecosistemas

Centroamérica tiene gran diversidad de ecosistemas, incluyendo sus bosques tropicales. En 2005, éstos cubrían aproximadamente 45% del territorio de la región y contenían alrededor de 7% de la biodiversidad del planeta (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a; INBio, 2004). Los ecosistemas boscosos cumplen funciones de regulación del clima global ya que son sumideros de carbono, secuestrando el CO₂ de la atmósfera y, por lo tanto, mitigan el efecto invernadero a nivel mundial (Salzman, 1998). También, regulan el clima regional y local y el ciclo hidrológico y contribuyen con insumos claves para la producción agrícola como biomasa, resistencia a plagas, material genético de plantas silvestres y polinización.

La evidencia disponible para Centroamérica muestra que existen ya importantes procesos de degradación y destrucción de la biodiversidad que muy probablemente se intensificarán con el cambio climático. Por ejemplo, tomando como base un índice de biodiversidad potencial (IBP) para Centroamérica (mapa 6), se podría observar una reducción de aproximadamente 13% durante este siglo asociada a cambio de uso de suelo (sin cambio climático). En este contexto, el cambio climático intensificaría esta pérdida llegando a una disminución aproximada de 33% y 58% respectivamente con los escenarios B2 y A2, hacia finales del siglo (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a).

Mapa 6. Centroamérica: Índice de Biodiversidad potencial 2005, Escenarios Base solamente con CUT, B2 y A2 con CUT a 2100.



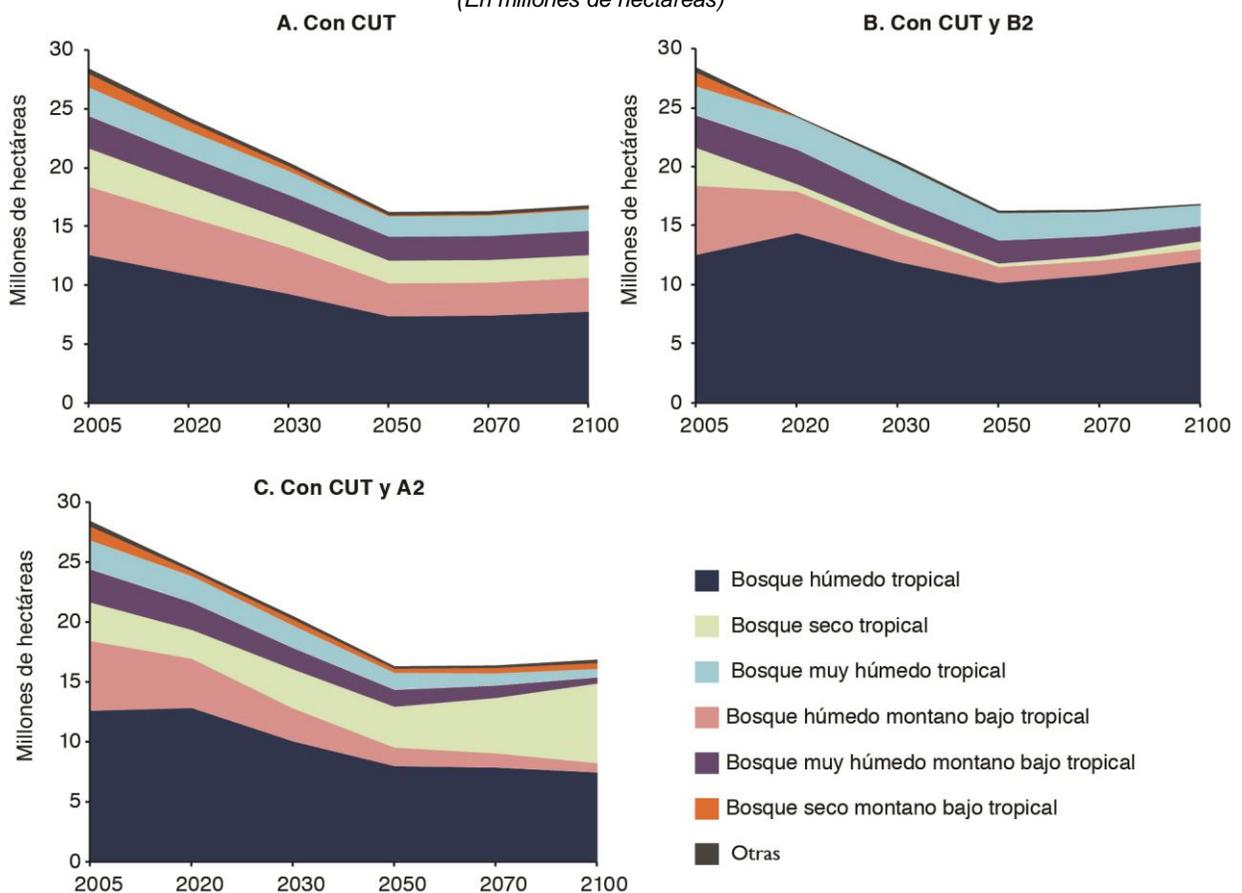
Fuente: CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a

Para complementar este análisis de biodiversidad se ha realizado un estudio sobre los bosques de Centroamérica, utilizando la clasificación de zonas de vida Holdridge (ZVH) (CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID, DANIDA, 2012c). Según este enfoque, la superficie de cobertura natural disminuiría bajo el escenario con cambio de uso de la tierra (CUT) sin cambio climático aproximadamente de 28,5 millones de hectáreas a 16,3 en el corte 2050 y a 16,9 millones de hectáreas a 2100. No obstante, la proporción de las seis ZVH predominantes en los bosques de Centroamérica no cambiaría significativamente (gráfico 11)

En el escenario CUT y B2 se estima que el bosque húmedo tropical predominaría más que en la actualidad al aumentar su proporción del total de 44% en 2005 a poco más de 70% a 2100. En contraste, en el escenario CUT y A2 el mayor aumento de superficie sería el del bosque seco tropical, de 11% a 39% del total. Estas dos ZVH representarían casi el 84% de la superficie natural total en este escenario. El resto de las zonas de vida húmedas sufriría reducciones significativas.

Así, ambos escenarios muestran patrones diferenciados de ZVH en el tiempo, uno hacia zonas más secas (en A2) y otro hacia zonas más húmedas (en B2). En ambos escenarios se estima un aumento de las zonas húmedas alrededor del corte 2020 y una reducción de la diversidad de zonas de vida con el paso de las décadas. Se prevén variaciones entre países: el bosque húmedo tropical de Belice representaría 90% del total en 2100 con B2, pero con A2 44% podría ser bosque seco tropical. En cambio, Costa Rica experimentaría patrones más homogéneos en los tres escenarios y mantendría una mayor diversidad de ZVH. Este estudio evalúa las condiciones de temperatura y precipitación relacionadas con las distintas ZVH, pero queda por analizar si el conjunto de formas de vida en las ZVH realmente podría adaptarse considerando la velocidad de los cambios previstos en precipitación y temperatura sumada a las presiones de CUT. Estos resultados confirman que reducir la deforestación y avanzar en la protección y la recuperación de ecosistemas naturales es un reto de desarrollo en sí mismo, y sugieren que el cambio climático, especialmente en el escenario más pesimista, traería mayores pérdidas de bosques húmedos y de sus servicios ecosistémicos.

Gráfico 11. Centroamérica: superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios, con cortes a 2100
(En millones de hectáreas)



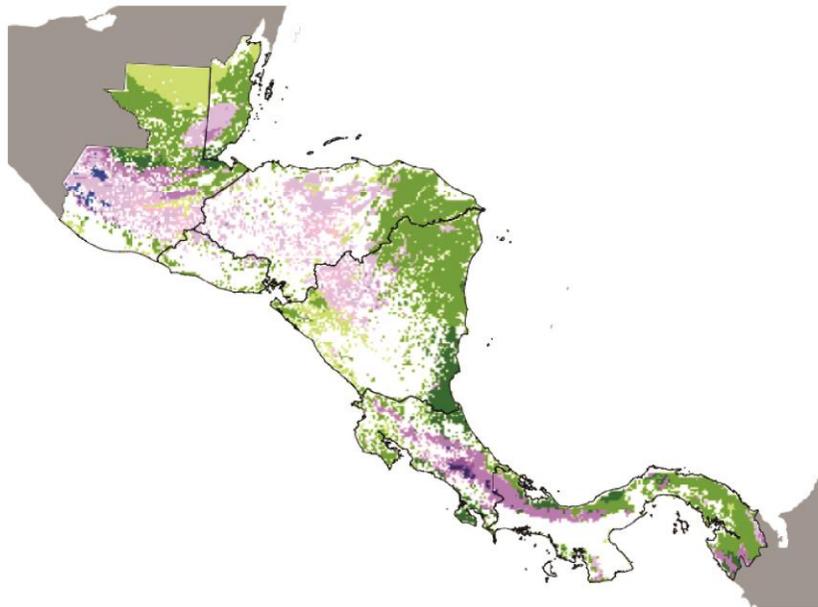
Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID, DANIDA, 2012c.

La distribución geográfica de estos cambios evidentemente es importante. A continuación, se presentan mapas de la distribución de las ZVH en 2005, con CUT, CUT y B2 y CUT y A2 a 2100 (mapa 7). Se puede apreciar que en B2 la superficie de bosque húmedo tropical aumentaría notablemente, sobre todo en la zona norte de Guatemala y Belice, pero en A2 esta zona de vida disminuiría, mientras que la del bosque seco tropical aumentaría en la misma región. El mismo fenómeno ocurriría en Honduras, Guatemala y Panamá.

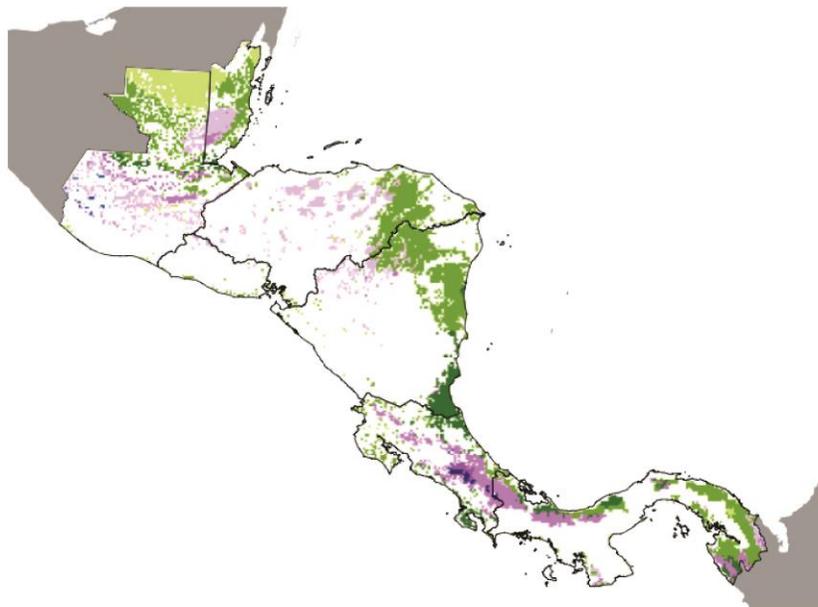
En resumen, los resultados sugieren que la superficie total de cobertura natural estaría determinada por CUT. De esta forma, los escenarios de cambio climático no arrojan variación de la superficie total, pero prevén un cambio en su composición. En el escenario CUT destaca la disminución de la superficie de todas las zonas de vida. En el escenario CUT y B2 habría un incremento (o una menor disminución) de la superficie de bosque húmedo tropical en la mayoría de los países, mientras que las zonas secas disminuirían. En el escenario CUT y A2 destaca el incremento de la superficie de zonas de vida secas, principalmente del bosque seco tropical y la disminución de las zonas de vida húmedas. Ambos escenarios prevén un incremento de las zonas de vida húmedas, principalmente el bosque húmedo tropical, cercano a 2020.

Mapa 7. Centroamérica: superficie de zonas de vida de Holdridge, 2005 y escenarios a 2100

A. 2005



B. CUT, 2100



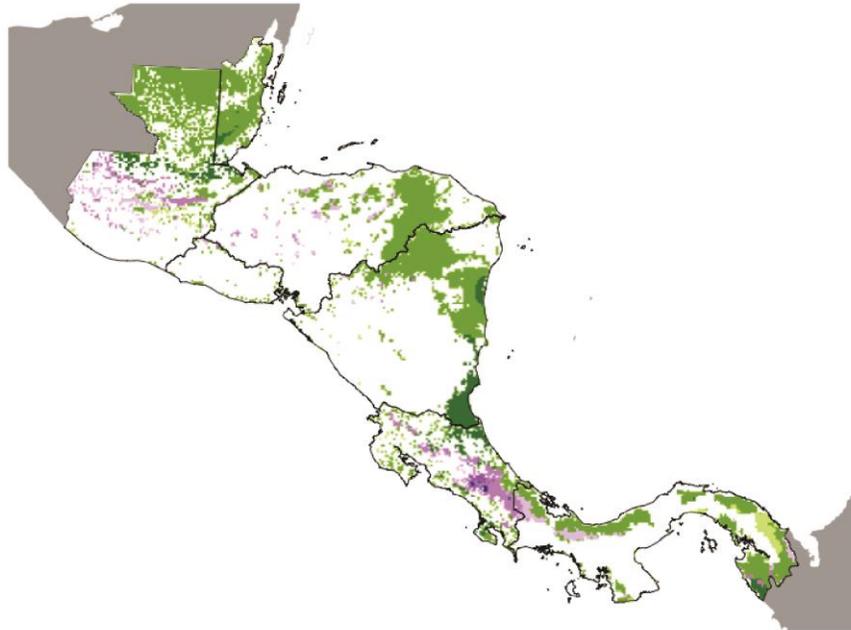
Zonas de vida de Holdridge

- | | | |
|--|--|---|
|  Bosque muy seco tropical |  Bosque húmedo tropical |  Bosque húmedo montano bajo tropical |
|  Bosque seco tropical |  Bosque muy húmedo tropical |  Bosque muy húmedo montano bajo tropical |

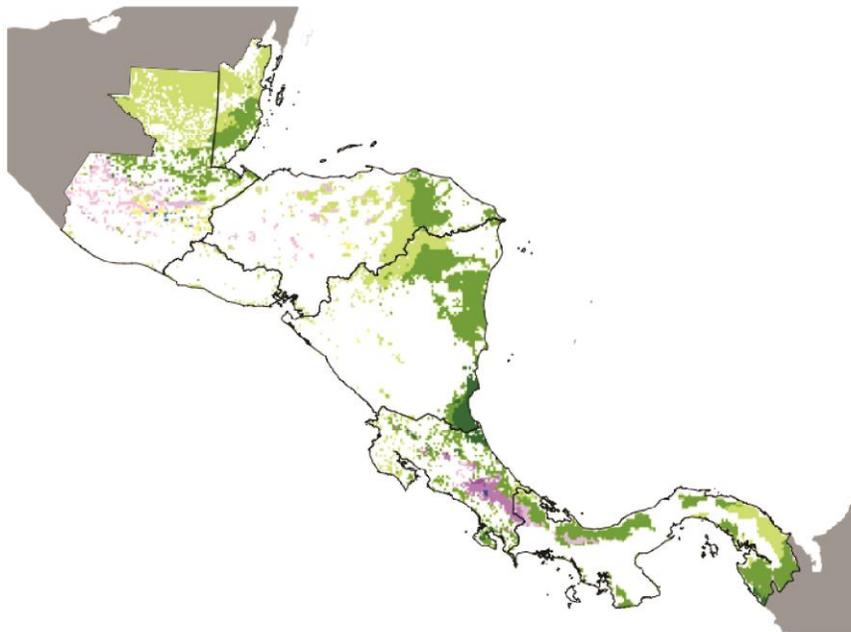
(continúa)

(continuación Mapa 7)

C. CUT y B2, 2100



D. CUT y A2, 2100



Zonas de vida de Holdridge

- | | | |
|--|--|---|
|  Bosque muy seco tropical |  Bosque húmedo tropical |  Bosque húmedo montano bajo tropical |
|  Bosque seco tropical |  Bosque muy húmedo tropical |  Bosque muy húmedo montano bajo tropical |

Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID, DANIDA, 2012c.

La adaptación humana al cambio climático está claramente ligada a la adaptación de los ecosistemas de los cuales depende, especialmente en regiones como Centroamérica. Responder a este reto requerirá incorporar el papel de los servicios ambientales en la valoración de la eficiencia y sostenibilidad de nuestras actividades económicas y tomar medidas fuera del mercado para generar incentivos y marcos regulatorios adecuados.

Recuadro 5. Recomendaciones para la adaptación de ecosistemas boscosos al cambio climático.

Al respecto, es necesario considerar el principio de precaución y establecer un estándar mínimo, considerando la irreversibilidad de la pérdida biológica, el riesgo y la incertidumbre.

Debido a que el cambio climático y la pérdida de hábitats por otros factores interactúan en el paisaje, se recomienda aumentar y fortalecer el sistema de Áreas Naturales Protegidas (más de 550 en la región) y corredores biológicos para abarcar mayor escala bio-geográfica, dar mayor amplitud a la definición de zonas de protección y ordenación del territorio y reforzar la protección de refugios climáticos.

Estos esfuerzos pueden complementarse con programas de agricultura sostenible, el aprovechamiento forestal sustentable y el rescate de cultivos criollos y especies silvestres endémicas con resistencia a los efectos climáticos previstos.

Otras medidas para facilitar la adaptación de los bosques son: 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, la forestación y la reforestación; establecer y promover sistemas de regulación y certificación del ecoturismo como contribución a la defensa de los ecosistemas naturales, evitando desarrollos turísticos e inmobiliarios convencionales que degraden sus atributos naturales, e impulsar proyectos ecoturísticos o de naturaleza y “aventura”, manejados por los propietarios de los predios.

No solamente hay sinergias potenciales de la protección e uso sostenible de los ecosistemas con las iniciativas de reducción de emisiones de GEI, sino con un número de acciones relacionadas con el desarrollo sostenible e incluyente, como la producción agrícola más sostenible, la gestión integral de cuencas y agua, el rescate de cultivos criollos y especies silvestres endémicas, mayor acceso a la energía eléctrica y programas de pago por servicios ambientales a beneficio de la población rural de bajos ingresos. Todas estas medidas requieren ser instrumentadas en programas y presupuestos.

En este sentido, el recurso hídrico es de suma importancia para la protección de los bosques, otros ecosistemas y su biodiversidad. La conservación de los bosques es

esencial para la gestión de las cuencas. Se requieren esfuerzos amplios para hacer más eficiente el uso del agua, reducir su contaminación y reciclarla en los sectores de demanda doméstica, agropecuaria, industrial y de servicios.

Se requerirá mayor coordinación con el sector agropecuario para restaurar las áreas degradadas y de baja productividad según criterios de calidad de la producción primaria, sostenibilidad de la producción y reforestación para diferentes usos; evitar la extensión de la zona agrícola hacia los ecosistemas naturales, intensificando los sistemas de producción, mejorando su eficiencia y gestionando los paisajes rurales según objetivos de conservación, ampliar la valoración económica de los ecosistemas y sus servicios relacionados con la producción agrícola, incluyendo la polinización, control de plagas, regulación de humedad y clima local, en apoyo a las decisiones de los productores sobre su conservación y protección.

El ordenamiento ambiental del territorio es fundamental para alcanzar el desarrollo sustentable y una distribución más óptima de la población, de sus actividades y de la infraestructura productiva nacional para prevenir daños y pérdidas por eventos extremos. Los ecosistemas naturales pueden reducir la vulnerabilidad de la población a eventos climáticos extremos y fungir como complementos o sustitutos de la inversión en infraestructura que puede tener costos más elevados. Por ejemplo, las plantaciones forestales y los manglares costeros proveen protección contra tormentas, inundaciones, huracanes y tsunamis.

Es recomendable ampliar y precisar los esquemas financieros que incentiven el manejo sustentable 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 Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) de Costa Rica, el Protected Areas Conservation Trust de Belice (PACT), el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y el Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras de Vocación Forestal o Agroforestal (PINEP) de Guatemala y el Programa de Certificados de Incentivos Forestales de Panamá. En esta línea se ha propuesto la creación de un Fondo Mesoamericano para el Pago por Servicios Ambientales, cuyo objetivo es contribuir al desarrollo sostenible de la región, fortaleciendo el régimen de cooperación e integración para la gestión ambiental (PNUMA, CCAD y SICA, 2010). Se hace necesario generar conciencia social sobre las funciones de los ecosistemas y su bienestar asociado.

En las políticas nacionales de cambio climático se podría considerar la conveniencia de establecer planes voluntarios de reducción neta de la deforestación a escalas nacional y regional, y financiar estos esfuerzos vía programas orientados a la adaptación, el Mecanismo de desarrollo limpio (MDL), otros mercados de bonos de reducciones de emisiones, mediante pagos por servicios ambientales; establecer metas de conservación ecológica y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas terrestres a escalas nacional y regional y considerar la conveniencia de establecer metas territoriales de carbono capturado y almacenado por ecosistemas. Sería conveniente vincular las metas de conservación con las de bienestar de la población, particularmente de la que convive con

los ecosistemas, como el uso de estufas de leña eficientes, acceso a la electricidad y pago por servicios ambientales.

Fuente: CEPAL, COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID, DANIDA, 2012c.

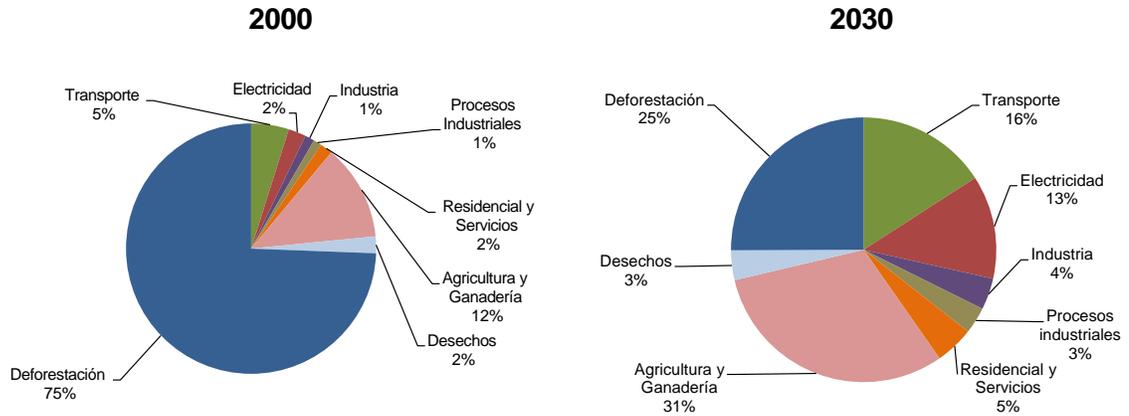
Es importante considerar que las estimaciones realizadas en estos escenarios buscan identificar los impactos de cambios en temperatura y precipitación atribuibles al cambio climático y, por lo tanto, mantienen los valores históricos de las otras variables. Las estimaciones, pues, deben ser interpretadas como escenarios posibles si no se toman medidas de adaptación. Otras dos consideraciones importantes: el análisis no estima el efecto acumulado futuro de prácticas productivas humanas que minan la sostenibilidad, como la degradación y erosión del suelo, que podrían contribuir a reducir los rendimientos agrícolas u generación hidroeléctrica futuros aun sin cambio climático. Segundo, varios de los análisis se enfocan en el nivel departamental, identificando diferencias en toda la región, pero no caracterizan zonas de menor escala dentro de estas unidades geográficas. Finalmente, por tratarse de escenarios futuros que integran diversas “capas” de análisis con sus respectivas incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas.

3. Posible evolución de emisiones de GEI

Por su parte, los países de Centroamérica contribuyen juntos con menos de 0,3% del total de las emisiones de GEI sin incluir cambio de uso de tierra. Un análisis de la estructura sectorial de las emisiones en 2000, basada en los inventarios nacionales, permite identificar a la deforestación como contribuyente mayor con aproximadamente el 75% de las emisiones totales de GEI de la región, aunque con grandes variaciones de tasas entre los países (gráfico 12). El segundo sector es la agricultura y la ganadería con 12%, observándose que aún falta mejores estimaciones del efecto sumidero de este sector. Proyecciones realizadas al 2030 indican que la estructura de las emisiones podría modificarse de modo que los sectores con mayor participación serían la agricultura y ganadería (31%), la deforestación (25%), el transporte (16%) y la electricidad (13%) (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011a).

Gráfico 12. Centroamérica: estructura sectorial de las emisiones brutas de GEI estimadas con cambio de uso de tierra, 2000 y 2030

(En porcentajes)



2000 Emisiones brutas reportadas = 335 M TCO₂e
 Emisiones netas = 120 M TCO₂e
 2030 Emisiones brutas estimadas = 310 M TCO₂e
 Emisiones CUT bajan de 247 a 78 M TCO₂e
 Emisiones Agricultura/Ganadería aumentan de 42 a 96 M TCO₂e

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

Recuadro 6. El Caso por la inversión en transporte urbano público en tiempos de cambio climático

Según los estimados iniciales sobre el origen sectorial de las emisiones de GEI hacia 2030, uno de los sectores a considerar es el transporte. El estilo de desarrollo de este sector en la región se ha caracterizado por una segmentación de modos de transporte público y privado y gastos en transporte según niveles de ingreso.

Esto es ilustrado por la tendencia en el consumo de gasolina presentado en el gráfico 13 que muestra el gasto total en energía para transporte como proporción de cada quintil y el gasto en energía para transporte como proporción del gasto total de cada quintil. La columna izquierda indica que el quintil de mayores ingresos, V, es el que realiza el mayor gasto en gasolina, representando 72% en El Salvador, 68% en Nicaragua, 62% en Costa Rica y 60% en México. Le sigue el quintil IV con una proporción entre 16% y 21%. Mientras que el gasto en combustible del quintil más bajo representa menos de 3% para estos países.

Los quintiles más altos también destinan una mayor proporción de su gasto total en energía para transporte, como el quintil V que representa 9% en Nicaragua, 8% en México, 6% en Costa Rica y 4% en El Salvador. Esto está relacionado con la concentración de la propiedad de automóviles privados en grupos de medianos y altos ingresos. El gráfico 14 muestra que en Costa Rica y México, 60% y 58% respectivamente

del quintil V son propietarios de un automóvil. En el Salvador 38% del quintil de mayores ingresos tiene auto y en Nicaragua 21%.

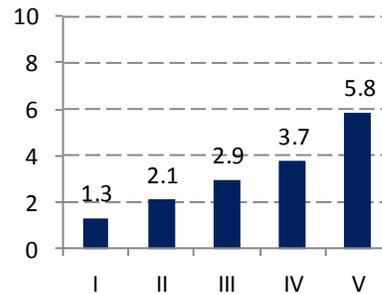
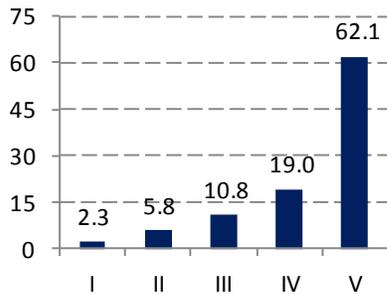
Por otro lado los quintiles más bajos son los que destinan un menor porcentaje de su gasto total al de gasolina. El quintil I destina 2% de su gasto total a gasolina en Nicaragua y México, 1% en Costa Rica y 0.3 % en El Salvador. En este mismo quintil 10% tienen auto en Costa Rica, 8% en México, 4% en El Salvador y 1% en Nicaragua. Así, el consumo de gasolina está asociado con la propiedad privada de automóviles que se concentra en los quintiles medios y altos (grafico 14)

Gráfico 13. Países seleccionados. Composición del gasto de los hogares en energía para transporte (gasolina, diésel, biodiesel) por quintiles.

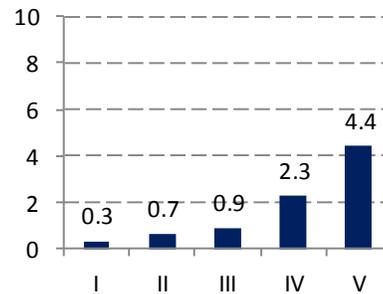
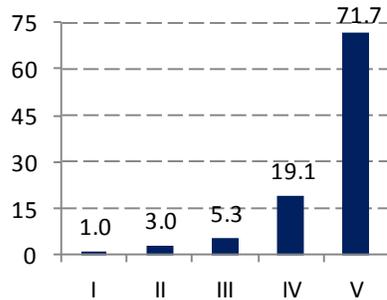
Proporción en el gasto total en energía para transporte de cada quintil

Proporción del gasto en energía para transporte en el gasto total por quintil

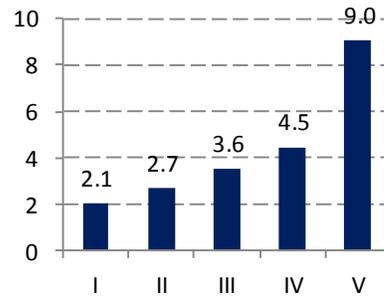
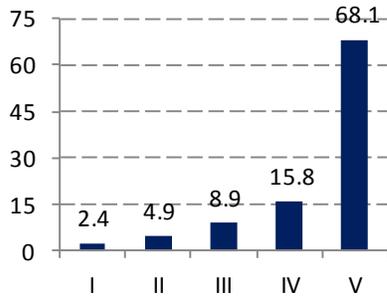
A. Costa Rica



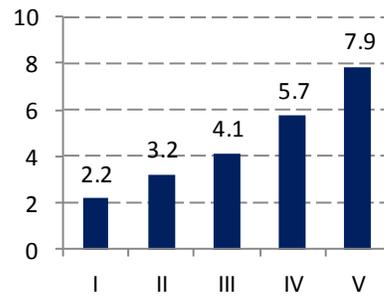
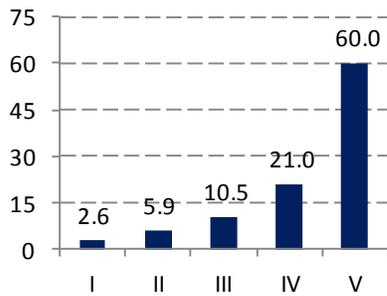
B. El Salvador



C. Nicaragua



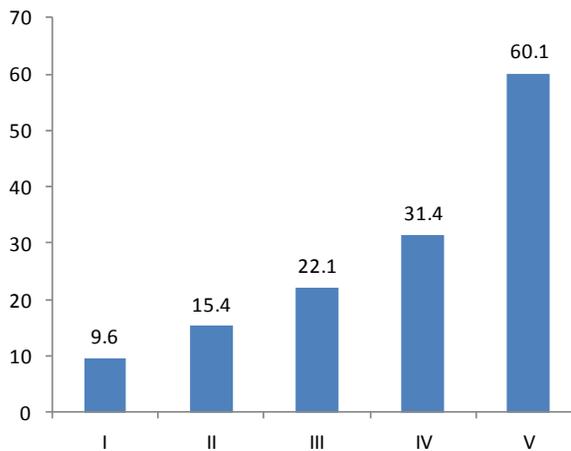
D. México



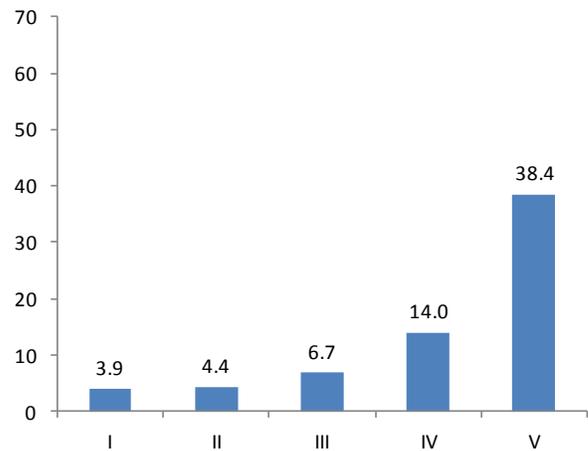
Fuente: CEPAL, 2014, sobre la base de las siguientes encuestas: Costa Rica: Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los hogares; El Salvador: Encuesta de Ingreso y Gasto de los Hogares, 2005-2006; México: Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares, 2012; Nicaragua: Encuesta de Hogares de Niveles de vida, 2009

Gráfico 14. Países seleccionados. Propiedad de automóviles por quintiles.

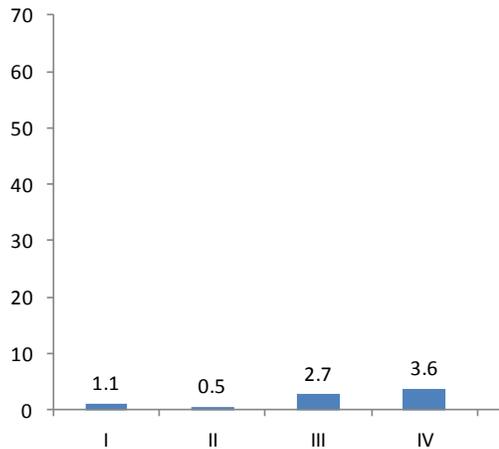
A. Costa Rica



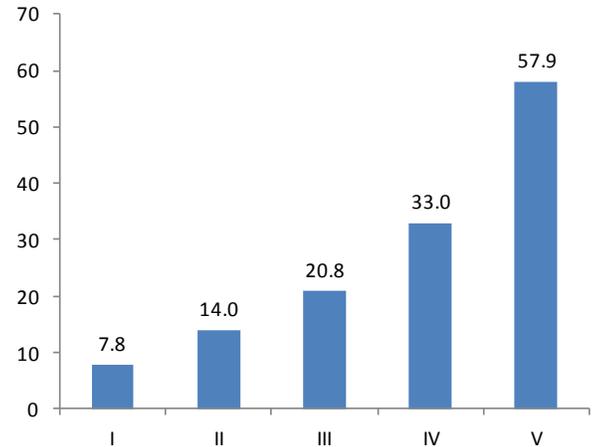
B. El Salvador



C. Nicaragua



D. México



Fuente: CEPAL, 2014 sobre la base de las siguientes encuestas: Costa Rica: Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los hogares; El Salvador: Encuesta de Ingreso y Gasto de los Hogares, 2005-2006; México: Encuesta Nacional de Ingreso y Gasto de los Hogares, 2012; Nicaragua: Encuesta de Hogares de Niveles de vida, 2009

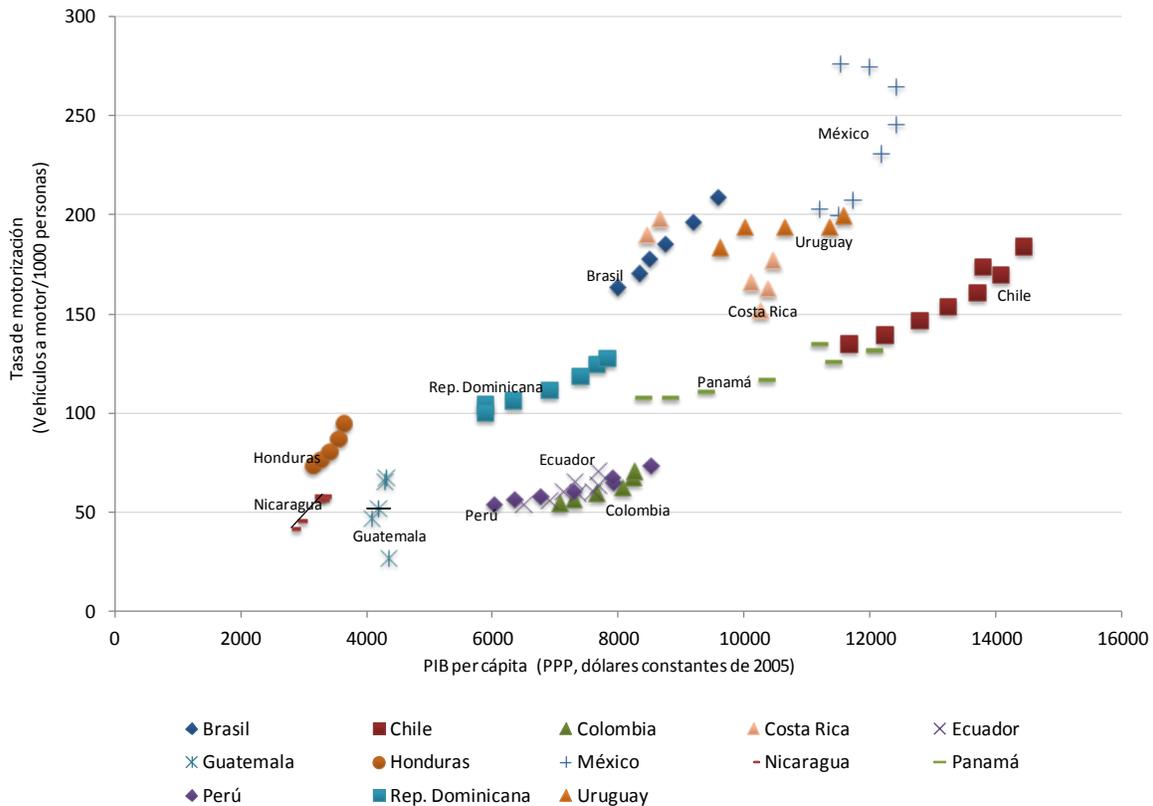
En muchos países de Latinoamérica ha habido una rápida expansión de la tasa de motorización. El gráfico 15 muestra la relación en la tasa de motorización y el PIB per cápita de un grupo de países de Latinoamérica en el período 2003-2010. En todos los países, con excepción de Costa Rica, las tasas de motorización han aumentado, algunos de una forma más rápida que otros. Algunos países han experimentado una reducción del PIB per cápita y no obstante su tasa de motorización siguió creciendo, como Guatemala que en 2007 tenía un PIB per cápita de US\$ 4,345 y en 2010 bajó a US\$ 4,311 y la tasa de motorización creció de 27 a 68 vehículos por cada mil habitantes. En el caso de Costa Rica la relación es negativa: el PIB per cápita creció de US\$ 8,462 a US\$ 10,456 entre 2003-2010 y la tasa de motorización bajó de 190 a 177 vehículos por cada mil habitantes en el mismo período.

El resto de los países de Centroamérica y República Dominicana han mostrado en general una relación positiva entre el PIB per cápita y la tasa de motorización. En Honduras el PIB per cápita fue de US\$ 3,143 en 2004 y subió a US\$ 3,631 en 2008, y la tasa de motorización subió de 74 a 95 vehículos por cada mil habitantes. Nicaragua aumentó su PIB per cápita de US\$ 2,815 a US\$ 3,299 entre 2003 y 2008 y la tasa de motorización pasó de 42 a 58 vehículos por cada mil habitantes, hacia el 2010 el PIB se estancó y en ese año fue de US\$ 3,256, por lo que la tasa de motorización se estancó en 57 vehículo por cada mil habitantes.

El PIB per cápita de Panamá pasó de US\$ 8,383 en 2004 a US\$ 12,067 en 2010 y la tasa de motorización pasó de 108 a 132 vehículos por cada mil habitantes. Finalmente República Dominicana tuvo un PIB per cápita de US\$ 5,886 en 2003 y subió a US\$ 7,818 en 2009 y la tasa de motorización pasó de 105 a 128 vehículos por cada mil habitantes.

Así con los períodos disponibles para cada país se observó un crecimiento mayor de la tasa de motorización que del PIB per cápita en Guatemala, Honduras, México y Nicaragua, y un mayor crecimiento del PIB per cápita que de la tasa de motorización en Costa Rica, Panamá y República Dominicana. Estas tasas de motorización que se presentan en América Latina son más bajas que en otras regiones del mundo que alcanzan hasta 800 vehículos por cada mil personas en Estados Unidos, sin embargo se espera que en el futuro sigan creciendo en la región.

Gráfico 15. América latina. Relación entre la tasa de motorización y el PIB per cápita, 2003-2010

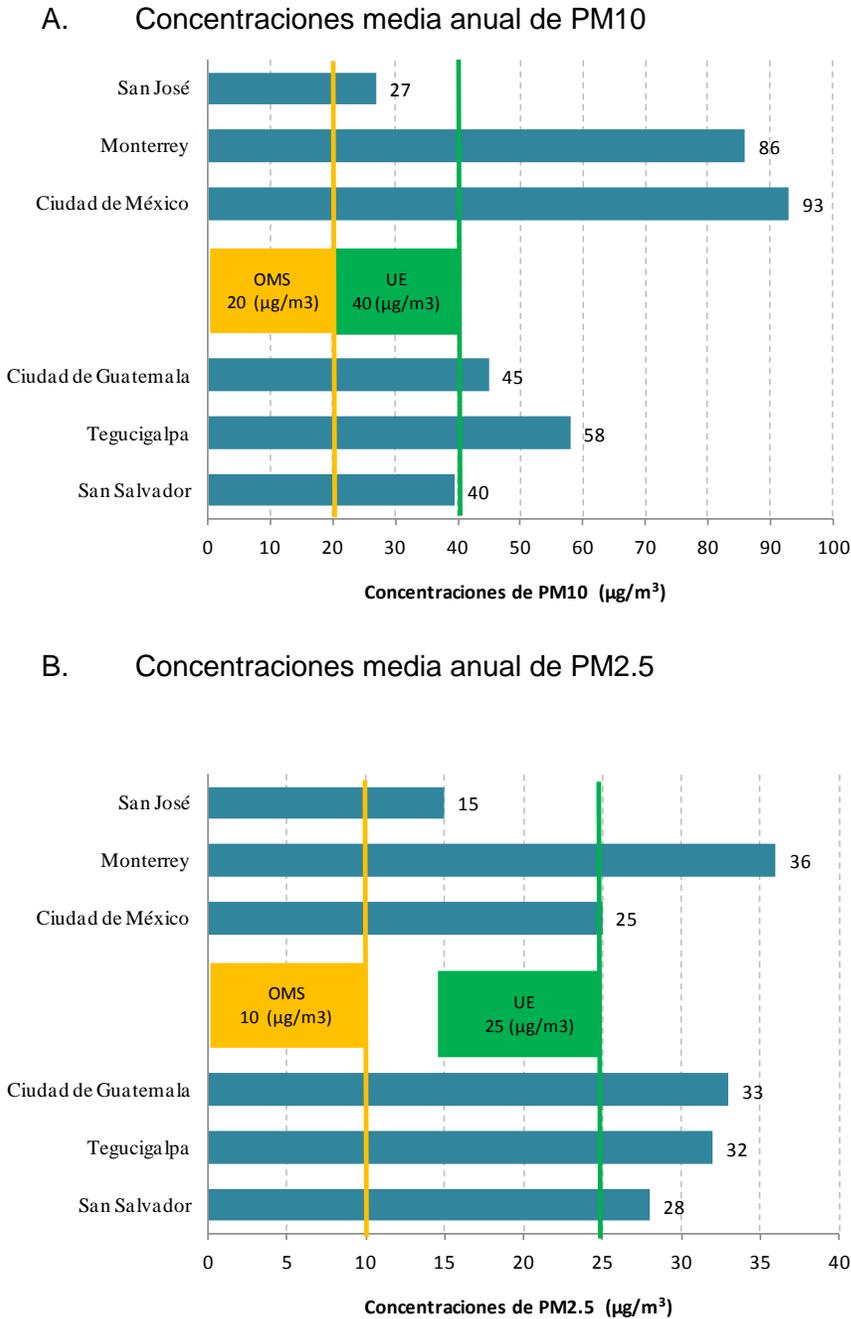


Fuente: CEPAL, 2014 sobre la base del Banco Mundial, Indicadores del Desarrollo Mundial.

El incremento de la dependencia al transporte privado en las áreas urbanas de la región centroamericana junto con el incremento del consumo de gasolina está dando forma a una compleja red de externalidades negativas, tales como el costo asociado con accidentes de tránsito, tráfico, extensión del tiempo de viaje y reducción de la productividad del trabajador, y la construcción de infraestructura que tiende a elevar las emisiones de CO2 e incrementa la contaminación del aire, lo cual tiene impactos significativos de la salud de la población (CEPAL, 2014).

De acuerdo a los registros de concentraciones de PM10 y PM2.5 los niveles ya son altos en ciudades como San José, Monterrey, Ciudad de México, Ciudad de Guatemala, Tegucigalpa y San Salvador según el estándar fijado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) e incluso superan el nivel recomendado por la Unión Europea, con excepción de San José (véase gráfico 16).

Gráfico 16. Ciudades seleccionadas. Concentraciones de PM10 y PM2.5.



Nota: Los datos de Concentraciones para San Salvador, Ciudad de México, Monterrey y San José se refiere a 2011; para Guatemala 2012; y Tegucigalpa corresponde a 2013

Fuente: CEPAL, 2014 sobre la base de la Organización Mundial de la Salud (OMS) en la base de datos de Ambient Air Pollution

Estas externalidades y los posibles co-beneficios de un enfoque sostenible destacan la oportunidad de políticas e inversión pública-privada para facilitar el desarrollo de sistemas de transporte público urbano, accesible, rápido, seguro y limpio, que den una alternativa mejor de movilización a la gran mayoría de la población que no puede aspirar a un medio de transporte privado, lo cual beneficiará a esta población y la sociedad en general con reducción en tiempo de desplazamiento, reducción de emisión de contaminantes locales y GEI y gastos y pérdidas de tiempo laboral por enfermedades respiratorias, entre otros.

Fuente: CEPAL, 2014.

4. Opciones de políticas de respuesta que priorizan la adaptación incluyente y sostenible

El conjunto de esta evidencia muestra que los impactos del cambio climático en Centroamérica serían significativos y crecientes, con cierto grado de heterogeneidad entre los países. Confirma la paradoja de que los países desarrollados que más han contaminado y tienen mayores capacidades para adaptarse sufrirían menos impactos, mientras que los países que menos han contribuido al problema tienen menos resiliencia y sufren los mayores impactos.

El cambio climático podría considerarse un fenómeno en un futuro lejano, no atendible dadas las restricciones presupuestarias profundizadas por la actual recesión global y las urgencias sociales y económicas ya existentes. Sin embargo, los crecientes impactos de eventos extremos en la actualidad, como las lluvias intensas de la depresión tropical 12E de 2011 y las sequías de 2010 y 2014 que afectaron varios países centroamericanos, evidencian la urgencia de tomar medidas, más allá de su atribución al cambio climático.

Durante los últimos años, casi todos los gobiernos han integrado el cambio climático a sus planes nacionales de desarrollo y han establecido instancias interministeriales o intersectoriales de coordinación, generalmente con el liderazgo de los Ministerios de Ambiente. A nivel del Sistema de Integración Centroamericano (SICA), los Presidentes de los países miembros han establecido al cambio climático como uno de sus cinco ejes prioritarios. La región ha elaborado su estrategia de cambio climático y diversos Consejos Sectoriales de Ministros han establecido mandatos para acciones sectoriales, incluyendo en

prevención de desastres, ambiente, salud, energía agricultura y seguridad alimentaria. Cada país está en un proceso de concretizar programas e iniciativas sectoriales específicas según sus prioridades.

En este complejo contexto es más recomendable lograr acuerdos nacionales, regionales e internacionales para impulsar **estrategias regionales, nacionales y locales de adaptación orientada por metas de inclusión y sostenibilidad** que integren acciones de reducción de la pobreza y de la vulnerabilidad a los eventos extremos con las de adaptación al cambio climático y buscan dentro de este marco la transición a economías más sostenibles y bajas en emisiones de GEI y otros contaminantes.

En este escenario, la recesión económica global actual y los riesgos del cambio climático serían convertidos en oportunidades para revisar a profundidad la especialización productiva de las economías y su avance en proveer bienes y servicios públicos comunes a sus sociedades. Esto incluiría formas de inserción en los mercados regional y global, vínculos entre patrones energéticos, sus externalidades negativas por contaminación y pérdidas en salud pública, y debilidades de la infraestructura rural y urbana. Igualmente, habrá que revertir la degradación de ecosistemas y pérdida de sus servicios. Las ventajas y desventajas de las diversas opciones pueden variar entre países y dependerán de acuerdos internacionales por establecerse. Debido a este contexto variable e incierto, la iniciativa ECCCA busca proporcionar un análisis amplio, no necesariamente vinculado a la posición de los países en particular.

La realidad exige que las actuales medidas de reconstrucción sean hechas en forma novedosa para romper el círculo vicioso de reproducción de vulnerabilidades, con cambios en normas de infraestructura, mejor gestión del recurso hídrico, mayor protección de los bosques, las cuencas hidrológicas y las barreras costeras naturales, como los manglares, y cambios de diseño y ubicación de hogares, comunidades e infraestructura, entre muchas otras medidas. Esta inversión debería reducir la vulnerabilidad actual y los costos asociados a los próximos eventos extremos y generar mayor resiliencia para enfrentar los impactos previstos del cambio climático.

Las políticas públicas de adaptación incluyente y sostenible podrían diseñarse a partir de sinergias intra e intersectoriales en grandes bloques de políticas, con objetivos sectoriales y territoriales explícitos. Los resultados de la iniciativa ECCCA sugieren la conveniencia de explorar ejes de opciones de políticas agrupados de la siguiente forma:

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

a ejes de seguridad y eficiencia energética, transporte público, gestión integral de recursos hídricos, reciclaje, reducción de la deforestación y de la contaminación.

- Protección y restauración de los ecosistemas naturales y paisajes rurales, incluyendo los bosques, para mejorar su adaptación y asegurar su provisión perdurable de servicios ambientales a los seres humanos, como eje clave de transición hacia economías más sostenibles y para la adaptación, incluyendo incentivos económicos y valoraciones no económicas, culturales e intergeneracionales.

- Medidas previsoras y proactivas de política fiscal y financiamiento como eje transversal, creando criterios resilientes al cambio climático para la inversión pública e incentivos correctos para la reducción de riesgos, la adaptación, y la transición hacia economías más sostenibles aprovechando financiamiento externo y recursos nacionales de forma eficiente y estableciendo mecanismos de aseguramiento.

- Aprovechamiento de las oportunidades estratégicas de integración centroamericana como gestión de recursos hídricos, seguridad alimentaria y energética, condiciones para el comercio y negociaciones internacionales.

Esto requiere una visión estratégica para maximizar los co-beneficios y minimizar los costos entre sectores y entre la adaptación y la mitigación, y todo ello integrado en la agenda de desarrollo, especialmente la que se perfila a partir de 2015 con una mayor valorización de la sostenibilidad y la inclusión en sus múltiples dimensiones. Por ejemplo, avanzar en la protección y restauración de bosques y en el acceso a energía y su uso eficiente y que reduzca la pobreza energética es parte de una agenda de desarrollo sostenible que, bien diseñada, podría generar co-beneficios en la adaptación de estos ecosistemas, en la reducción de emisiones y en el bienestar e inclusión de los sectores que viven en pobreza, incluyendo a los pueblos indígenas. De este modo, las sociedades centroamericanas podrían evitar estrategias *ad hoc* de lógica inercial que podrían resolver urgencias pero profundizar riesgos, resolver situaciones en un sector a costa de otro, o manejar de forma separada las medidas de adaptación de las de desarrollo sostenible y de las de mitigación de GEI.

En muchos sentidos, el indicador clave de la adaptación se relaciona con los recursos hídricos: el acceso equitativo y la mayor eficiencia de su uso. Las sociedades centroamericanas necesitan convertirse en audaces gestoras de este bien común, haciendo una sabia distribución entre las múltiples demandas, lo cual es de suma importancia para mejorar la calidad de vida de la población y la protección de los bosques y otros ecosistemas. La conservación de los bosques y restauración de paisaje rurales es esencial para la gestión de las cuencas, la reducción de la erosión, los deslaves e inundaciones y la producción hidroeléctrica. Se requieren amplios esfuerzos para hacer más eficiente el uso del agua, reducir su contaminación y reciclarla en los sectores de demanda

doméstica, agropecuaria, industrial y de servicios. Un reto complejo es el establecimiento de una institucionalidad efectiva para el sector y su gestión transfronteriza, dado que las cuencas transnacionales ocupan 40% del territorio centroamericano.

Blindar la seguridad alimentaria ante el cambio climático, particularmente los granos básicos, y transitar hacia una agricultura más sostenible e incluyente es un reto enorme e impostergable para proteger a la población pobre del campo y la ciudad. Con honrosas excepciones, la mayoría de los países han experimentado descapitalización del medio rural, y desmantelamiento de programas de titulación de tierras, extensión, reducción de pérdidas post cosecha, acceso a mercados y fortalecimiento de capacidades. Hace falta mucha mayor atención a mejorar la calidad de la vida rural y el apoyo a la producción y las cadenas de valor de los granos básicos y otros alimentos, la reducción de las pérdidas post-cosecha, la protección y fomento de variedades nativas y otras capacidades tecnológicas locales, autóctonas y nacionales, las cuales son fuentes, no suficientemente apreciadas, de resiliencia y adaptación al cambio climático. La respuesta agrícola al cambio climático requerirá una estrecha coordinación con políticas para reducir la deforestación, proteger la biodiversidad y gestionar los recursos hídricos. Por la complementariedad de la producción y por el comercio intrarregional de alimentos, se presenta una oportunidad de mejorar la resiliencia a emergencias alimentarias por medio de coordinaciones dentro del sistema de integración.

Un elemento esencial de adaptación al cambio climático y transición a economías bajas en carbono es el cambio tecnológico, entendido tanto como acceso a tecnologías modernas apropiadas como rescate de conocimientos y tecnologías tradicionales locales, particularmente de los pueblos indígenas y comunidades campesinas. La región ha desarrollado una gran dependencia de fuentes energéticas importadas de origen fósil altamente contaminantes. El tránsito a una matriz energética de fuentes renovables locales mejoraría su seguridad energética, ahorraría divisas y reduciría los impactos negativos de los combustibles fósiles. Un adecuado manejo de desechos traería múltiples beneficios como reducción de la contaminación, aumento de materia prima para la producción, generación de energía por captura de metano en rellenos sanitarios y mejor drenaje de agua durante eventos hidrometeorológicos extremos. Existen oportunidades de mejorar la eficiencia energética y reducir la intensidad de las emisiones de GEI y otros contaminantes con nuevas normas y medidas para vehículos automotores y otra maquinaria industrial y doméstica con la ampliación del transporte público. La expansión de la generación hidroeléctrica, si bien diseñada con un enfoque de sostenibilidad e inclusión, podría dar a la población en pobreza mayor acceso a la electricidad y contribuir al desarrollo productivo sostenible y social de las poblaciones aledañas a los proyectos.

El sector energético de Centroamérica ha diseñado la Estrategia Energética Sustentable 2020 (CEPAL y SICA, 2007) la cual propone expandir las fuentes energéticas regionales renovables, incluyendo hidroeléctricas, eólicas, geotérmicas y de gas natural importado. Es la primera estrategia regional sectorial

que considera las 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 eficientes en un millón de hogares rurales; 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 obsoletos por unidades más eficientes en 2,7 millones de hogares; reducir en 10% el uso de energía eléctrica en el sector industrial con motores eficientes; llevar al menos al 12% el nivel de pérdidas de 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 con biocombustible en el transporte público y privado; reducir en 20% la emisión de GEI con respecto al escenario tendencial en el corte 2020, maximizando la aplicación de los certificados de emisiones reducidas (CEPAL y SICA, 2007). Con mayor acceso a tecnología y financiamiento, la región podrá implementar esta estrategia. El sector ha mostrado capacidad de gestión coordinada y a largo plazo al desarrollar la red de interconexión eléctrica (SIEPAC). Actualmente se trabaja en la actualización de dicha estrategia y la armonización de las normas de combustibles en el proceso de la Unión Aduanera y en la ejecución de la matriz de acciones para el desarrollo e integración del sector energético centroamericano.

La adaptación humana al cambio climático está claramente ligada a la adaptación de los ecosistemas de los cuales depende. Responder a este reto requerirá mayor valoración de los servicios ambientales, tomando medidas fuera del mercado para generar incentivos y marcos regulatorios adecuados. Al respecto es necesario considerar el principio de precaución y establecer un estándar mínimo, considerando la irreversibilidad de la pérdida biológica, el riesgo y la incertidumbre. Reducir la deforestación y degradación de los bosques y recuperar paisajes rurales traerá beneficios en múltiples aspectos de la agenda de desarrollo *per se*, aún sin considerar el cambio climático. Se recomienda aumentar y fortalecer el sistema de Áreas Naturales Protegidas (más de 550 en la región) y corredores biológicos para abarcar mayor escala bio-geográfica y dar mayor amplitud a la definición de zonas de protección y refugio climático.

Estos esfuerzos pueden complementarse con programas de agricultura y aprovechamiento forestal sustentables y rescate de cultivos criollos y especies silvestres endémicas con resistencia a los efectos climáticos previstos. Otras medidas para facilitar la adaptación de los bosques y las poblaciones rurales incluyen programas para que las comunidades desarrollen su capacidad de conservación y recuperación de los ecosistemas con los que conviven. Esto incluye adoptar tecnologías apropiadas para medios de vida sostenibles, aprovechando al máximo los conocimientos tradicionales y diversificando sus fuentes de sustento; mejorar de los sistemas de gestión de los bosques, incluyendo el control de la deforestación, incendios forestales, forestación y

reforestación; y establecer y promover de la regulación y certificación de productos orgánicos y ecoturismo.

El ordenamiento ambiental del territorio es fundamental para alcanzar un desarrollo sustentable y una distribución de la población, de sus actividades e infraestructura que evite mayores daños y pérdidas por eventos extremos y cambios climáticos acumulativos. Los ecosistemas naturales pueden reducir la vulnerabilidad de la población a eventos climáticos extremos y fungir como complementos o sustitutos de la inversión en infraestructura “gris”, que puede tener costos más elevados. Por ejemplo, los bosques y los manglares costeros proveen protección contra tormentas, inundaciones, huracanes y tsunamis.

Es recomendable ampliar y precisar los esquemas financieros y fiscales que incentiven las transiciones hacia mayor eficiencia energética e hídrica, así como el manejo sustentable de los bosques y el reconocimiento del valor económico de sus servicios ambientales, incluyendo los hidrológicos y de sumidero de carbono. La región tiene experiencias como el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) de Costa Rica, el Fondo para la Conservación de las Áreas Protegidas de Belice (PACT, por sus siglas en inglés), el Programa de Certificados de Incentivos Forestales de Panamá, el Programa de Incentivos Forestales (PINFOR) y el Programa de Incentivos para Pequeños Poseedores de Tierras de Vocación Forestal o Agroforestal (PINEP), ambos de Guatemala. Podría considerarse la conveniencia de establecer planes voluntarios de reducción neta de la deforestación a escalas nacional y regional, financiándolos con programas y fondos nacionales e internacionales orientados a la adaptación, el Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) en una versión futura ampliada, otros mercados nacionales e internacionales de bonos de reducciones de emisiones y/o pagos por servicios ambientales; y establecer metas de conservación ecológica y aprovechamiento sostenible de los ecosistemas terrestres a escalas nacional y regional. Sería conveniente vincular estas metas de conservación con las de bienestar de la población, particularmente de la que convive con los ecosistemas, como el uso de estufas de leña eficientes, acceso a la electricidad y pago por servicios ambientales. Se hace necesario generar conciencia social sobre las funciones de los ecosistemas y su bienestar asociado.

Es urgente adoptar una política de sostenibilidad fiscal que toma en cuenta los impactos actuales de eventos extremos y los crecientes efectos del cambio climático y que genere un marco de incentivos para las transiciones propuestas. Estos fenómenos climáticos están afectando las finanzas públicas por diversas vías, como el aumento de las emergencias y la inestabilidad de la producción agrícola y de electricidad por fuentes hídricas. También pueden aumentar las demandas de ampliación y ajuste de los servicios sociales y la relocalización de poblaciones y actividades económicas. Las poblaciones afectadas demandarían compensación por pérdidas, lo que probablemente recaerá sobre el Estado considerando el bajo nivel de aseguramiento en la región. Esta lista no exhaustiva de las presiones del cambio climático sobre las finanzas públicas sugiere que el

impacto económico debe ser visto como un pasivo contingente serio, que a largo plazo se tornará mucho menos “contingente”.

Como los mercados no puede solucionar estos problemas, se requiere una acción colectiva encabezada por el Estado, es decir, por el conjunto de instituciones públicas y espacios de toma de decisiones y acción de la sociedad. Es necesario adoptar medidas previsoras para reducir los efectos negativos de tal forma que la incidencia futura sea mínima, y crear mecanismos financieros y de aseguramiento, así como programas de estímulo fiscal para amortiguar el impacto en general y alinear los incentivos fiscales para transitar hacia una economía menos dañina al ambiente.

A pesar de los retos inmediatos de la crisis actual, los Ministerios de Finanzas o Hacienda de Centroamérica han empezado a prestar atención al cambio climático. La región tiene experiencia en acciones de canje de deuda por financiamiento de programas de cambio climático, etiquetado de líneas presupuestarias para identificar inversión en adaptación, y está elaborando propuestas de fondos nacionales de cambio climático, mercados internos de bonos de carbono, requerimientos de cambio climático en planes sectoriales como parte del ejercicio presupuestal, esquemas de aseguramiento catastrófico y fondos para desastres e inversión en adaptación de la infraestructura.

El cambio climático puede generar riesgos y oportunidades comerciales para la región; algunos países podrían considerar que sus políticas y esfuerzos de reducción de emisiones son mayores que las de otros, con las desventajas consecuentes para sus productores y, por ende, tomarían medidas compensatorias como un impuesto al contenido carbónico de las importaciones o 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 por la intensidad energética o contenido carbónico de sus procesos productivos y de transporte.

Al mismo tiempo, esta tendencia puede traer oportunidades comerciales dependiendo de cuánto se desarrolle sistemas de producción relativamente más limpias y bajas en carbono y/o por menor distancia a mercados, entonces menor contaminación asociada al transporte. Existen importantes esfuerzos de ampliar la capacidad de este tipo de producción en la región, pero urge emprender programas para medir los contenidos hídricos y carbónicos y la huella ecológica y de aprovechar los crecientes mercados para dichos productos, especialmente si benefician a productores que actualmente tienen bajos ingresos. Considerando las complejidades de las actuales negociaciones en el marco de la CMNUCC, se recomienda prestar atención a los foros de negociaciones de propiedad intelectual, de la OMC y de tratados comerciales bilaterales, regionales e interregionales.

Es urgente hacer frente al desafío de los eventos extremos, la variabilidad y el cambio climáticos en forma proactiva. De otro modo la actual generación sufrirá mayores costos y deterioro por los eventos extremos y las generaciones futuras cargarán un costo muy elevado para adaptarse al cambio climático. La región ya cuenta con diversos análisis que demuestran los múltiples efectos de la variabilidad climática y los impactos potenciales del cambio climático en múltiples sectores; señalan que los costos de la inacción frente a los eventos extremos y el valor presente de los impactos del cambio climático son demasiado altos, 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. El cambio climático presenta una serie de desafíos multisectoriales que deben enfrentarse con aportes 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.

Bibliografía

- Aguilar, E. y otros (2005), «Changes in precipitation and temperature extremes in Central America and northern South America, 1961–2003», *Journal of Geophysical Research*, vol. 110, N° D23.
- Alfaro, E (2007), *Predicción climática de la temperatura superficial del aire en Centroamérica*. Ambientico.
- Alfaro, E y L Cid (1999), «Análisis de las anomalías en el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y su relación con los océanos Pacífico y Atlántico Tropical», *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, vol. 6, N° 1.
- Alfaro, E, L Cid y D. Enfield (1998), «Relaciones entre el inicio y el término de la estación lluviosa en Centroamérica y los Océanos Pacífico y Atlántico Tropical», *Investigaciones Marinas, Valparaíso*, vol. 26.
- Amador, J. y otros (2006), «Atmospheric forcing of the eastern tropical Pacific: A review», *Progress in Oceanography*, vol. 69, N° 2-4.
- CEPAL, (2014), «Paradojas y riesgos del crecimiento económico en América latina y el Caribe: una visión ambiental de largo plazo», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.3868, Santiago, Chile.
- CEPAL, CAC/SICA (2013a), «Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básico en Centroamérica», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1123, México, D.F.
- _____ (2013b), «Impactos potenciales del cambio climático sobre los granos básico en Centroamérica», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1123, México, D.F.
- CEPAL, COSEFIN (Consejo de Ministerios de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana), CCAD/SICA, UKAID (UK Department for International Development) y DANIDA (Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2012a), «La economía del cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales en los patrones intraanuales y espaciales del clima. Serie técnica 2012», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1073, México, D.F.
- _____ (2012b), «La economía del cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales en la aridez y los meses secos. Serie técnica 2012», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1074, México, D.F.
- _____ (2012c), «La economía del cambio climático en Centroamérica: Impactos potenciales en los ecosistemas. Serie técnica 2012», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1077, México, D.F.

- _____ (2012d), «La Economía del Cambio Climático en Centroamérica. Síntesis 2012», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1074, México, D.F.
- CEPAL, CEL (Comisión Ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa de El Salvador), MARN (Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador), COSEFIN, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2012), «La economía del cambio climático en Centroamérica: Dos casos de impactos potenciales en la generación de hidroelectricidad. Serie técnica 2012», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1070, México, D.F.
- CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA (2011a), «La Economía del Cambio Climático en Centroamérica. Reporte Técnico 2011», Organización de las Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1016, México, D.F.
- _____ (2011b), «Variabilidad Climática y eventos extremos en Centroamérica: Reporte exploratorio», inédito, preparado para la Cumbre Presidencial del SICA y Foro Consultivo, 14 al 16 de diciembre 2012.
- CEPAL y SICA, (2007), «Estrategia energética sustentable centroamericana 2020» (LC/MEX/L.828), *México, D. F.*
- CIAT (International Center for Tropical Agriculture), CRS (Catholic Relief Services) y CIMMYT (International Center for Improvement of Maize and Wheat) (2012), «Tortillas on the roaster (TOR), Central American Maize-Bean System and the Changing Climate», Cali, Colombia.
- Enfield, D. y E. Alfaro (1999), «The dependence of Caribbean rainfall on the interaction of the tropical Atlantic and Pacific Oceans», *Journal of Climate*, vol. 12.
- Fernández, W., J. Amador y M. Campos (2006), *Impacts and adaptation to climate change and extreme events in Central America, Final report*, San José, Costa Rica: University of Costa Rica Geophysical Research Center.
- Fernández, W. 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.
- García, V., J. Zevallos y A. del Villar (2003), *Desastres agrícolas en México: Catálogo histórico*, Fondo De Cultura Económica USA.
- Hodrick, R. y E. Prescott (1997), «Postwar US business cycles: An empirical investigation», *Journal of Money, Credit & Banking*, vol. 29, N° 1.
- INBIO (Instituto Nacional de Biodiversidad) (2004), *Biodiversidad en Centroamérica*.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2000), *Climate Change 2000: IPCC Special report on emissions scenarios. A special report of IPCC Working Group III*, Pacific Northwest National Laboratory, Richland, WA (US), Environmental Molecular Sciences Laboratory (US).

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate (2007), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I (WGI) to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press.

IPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático) (2011), Summary for policymakers. En: *Intergovernmental Panel on Climate Change Special Report on Managing the Risks of Extreme Events and disasters to Advance Climate Change Adaptation* [Field, C.B., Barros, V., Stocker, T.F., Qin, D., Dokken, D., Ebi, K.L., Mastrandrea, M.D., Mach, K.J., Plattner, G.K., Allen, S., Tignor, M. and P.M. Midgley (eds)], Cambridge University Press.

IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2013a), «*Summary for Policymakers*», *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds T. F. Stocker y otros, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., Cambridge University Press.

_____ (2013b), *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, eds T. F. Stocker y otros, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA., Cambridge University Press.

Magaña, V., J. Amador y S. Medina (1999), «The midsummer drought over Mexico and Central America», *Journal of Climate*, vol. 12, N° 6.

Magrin, G. 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*, ML Parry, OF Canziani, JP Palutikof, PJ van der Linden y CE Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.

Medeiros D. y M. McCandless (2011), “Impacts of Climate Change on Maize and Beans in Honduras”, International Institute for Sustainable Development (IISD), Climate Risk Management Technical Assistance Support Project, Climate Risk Management Technical Assistance Support Project (CRM TASP).

PESA (Programas Especiales para la Seguridad Alimentaria en Centroamérica), (2010), *Especial Crisis Alimentaria: Sequía e inundaciones golpean Centroamérica*,
FAO,

http://www.pesacentroamerica.org/noticias_ca/especial_crisis_alimentaria.php

PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo) y SICA (Sistema de Integración Centroamericana) (2010), *Propuesta para el establecimiento de un Fondo Mesoamericano para el Pago por Servicios Ambientales*.

Ramírez, P (1983), «Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica», *Nota de Investigación (Costa Rica)*, vol. 5.

Salzman, J. (1998), "Ecosystem services and the law", *Conservation Biology*, vol.12, págs. 497-498.

Schultz, D., W. Bracken y L. Bosart (1998), «Planetary-and synoptic-scale signatures associated with Central American cold surges», *Monthly Weather Review*, vol. 126, N° 1.