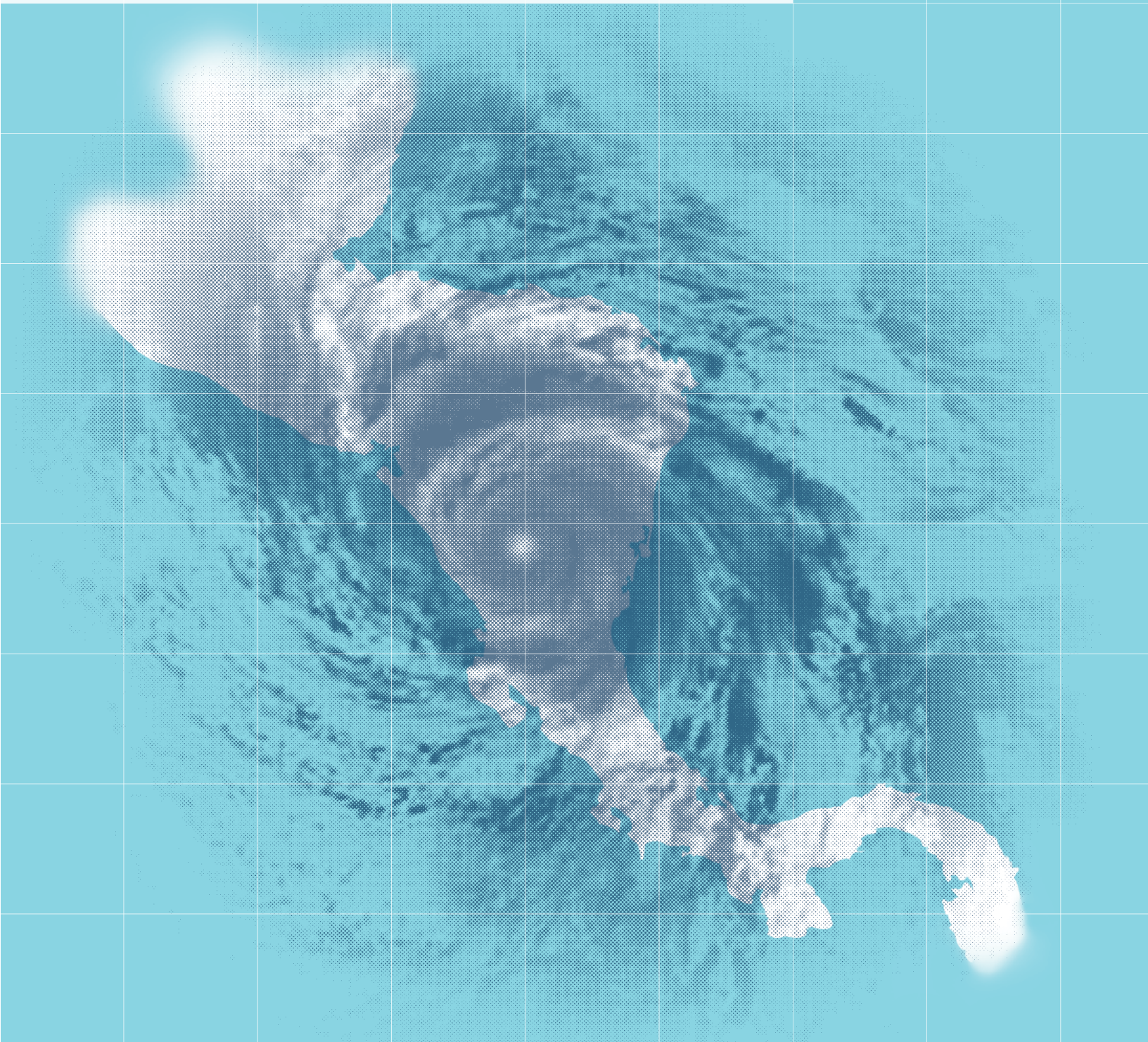


La economía del cambio climático en Centroamérica

Serie
técnica 2012

Impactos potenciales en los patrones
intraanuales y espaciales del clima



La economía del cambio climático en Centroamérica: Serie técnica
Impactos potenciales en los patrones intraanuales 2012
y espaciales del clima

Alicia Bárcena
Secretaria Ejecutiva
Antonio Prado
Secretario Ejecutivo Adjunto
Hugo E. Beteta
Director
Sede Subregional de la CEPAL en México
Joseluis Samaniego
Director
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
y Punto focal de cambio climático de la CEPAL
Luis Miguel Galindo
Jefe de la Unidad de Cambio Climático
División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos
Julie Lennox
Punto focal de cambio climático y Jefe de la Unidad de Desarrollo Agrícola
Sede Subregional de la CEPAL en México

Esta publicación fue realizada en el marco del Convenio entre el Programa de asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno británico (UKAID), y la Sede Subregional en México de la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), y del Convenio entre la Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA) y la CEPAL dentro de la iniciativa “La economía del cambio climático en Centroamérica”.

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

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

El término “dólares” se refiere a la moneda de Estados Unidos de América.

LC/MEX/L.1073

Copyright © Naciones Unidas, septiembre de 2012. Todos los derechos reservados.

Los Estados miembros y sus instituciones gubernamentales pueden reproducir esta obra sin autorización previa. Solo se les solicita que mencionen la fuente e informen a las Naciones Unidas de tal reproducción.

Diseño de portada: José Luis Lugo

El interior de esta publicación fue impreso en papel “Recicla100” (100% reciclado).

Impresión: Maule Ediciones.

La economía del cambio climático en Centroamérica

Impactos potenciales en los patrones
intraanuales y espaciales del clima

Serie
técnica 2012



COMITÉ DIRECTOR

Ministros/as de Ambiente:

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

Ministros/as de Hacienda o Finanzas:

Iván Acosta, Ministro del Ministerio de Hacienda y Crédito Público de Nicaragua (MHCP); Edgar Ayales, Ministro del Ministerio de Hacienda de Costa Rica (MH); Carlos E. Cáceres, Ministro del Ministerio de Hacienda de El Salvador (MH); Santiago Castillo, Ministro del Ministerio de Finanzas de Belice (MOF); Pavel Centeno, Ministro de Ministerio de Finanzas Públicas de Guatemala (MINFIN); Frank De Lima, Ministro del Ministerio de Economía y Finanzas de Panamá (MEF) y Wilfredo Cerrato, Secretario de Estado para la Secretaría de Finanzas de Honduras (SEFIN). Autoridades anteriores: Edgar Alfredo Balsells, Dean O. Barrow, William Chong Wong, Alfredo Rolando del Cid, Juan Alberto Fuentes, Alberto José Guevara, Héctor Guillermo Guillén, Fernando Herrero, Jenny Phillips, Rebeca Patricia Santos, Alberto Vallarino y Guillermo Zúñiga.

COMITÉ TÉCNICO REGIONAL (CTR)

Delegados/as de los Ministerios de Ambiente:

Sonia Baires, MARN El Salvador; Ana Rita Chacón, MINAET Costa Rica; Luis Fiallos, MARENA Nicaragua; Manuel López, SERNA Honduras; Carlos Mansilla, MARN Guatemala; Javier Morales, ANAM Panamá y Safira Vásquez, MNREI Belice.

Delegados/as de los Ministerios de Hacienda o Finanzas:

Rogelio Alvarado, MEF Panamá; Rina Castellanos, MHCP El Salvador; Juan Manuel de la Cruz, MINFIN Guatemala; Manuel Deshon, MHCP Nicaragua y Lourdes González, SEFIN Honduras.

Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD-SICA):

Nelson Trejo, Secretario Ejecutivo; Raúl Artiga, delegado en el CTR.

Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (COSEFIN):

Martín O. Portillo, Secretario Ejecutivo y delegado en el CTR.

Secretaría de Integración Económica Centroamérica (SIECA):

Ernesto Torres, Secretario General; Oscar Morales, delegado en el CTR. Autoridad anterior: Yolanda Mayora de Gavidia.

Delegados/as anteriores del CTR:

Gherda Barreto, Guillermo Barquero, Juan Sebastián Blas, Cecilia Carranza, Edgar Chamorro, Cynthia Deville, Paul Flowers, Ramón Frutos, Arístides Hernández, Leonel Lee, Darysbeth Martínez, José Francisco Rodríguez, Roberto Rodríguez, Bernardo Torres.

Colaboradores del CTR:

Luis Alejandro Alejos, William Alpizar, Roberto Araquistain, Jorge Cabrera, Beverly D. Castillo, Carlos Fuller, Carlos Gómez, René López, Leslie Marín, Roberto Motta, Carlos J. Pérez, José Francisco Rodríguez, Martha Ruiz, Bernardo Torres.

UNIDAD COORDINADORA (UC) EN LA SEDE SUBREGIONAL DE LA CEPAL EN MÉXICO (CEPAL México)

Hugo E. Beteta, Director; Julie Lennox, coordinadora de la iniciativa, punto focal para cambio climático y jefe de la Unidad de desarrollo agrícola (UDA) de la CEPAL México; Jaime Olivares y Allan Beltrán, consultores y asistentes de investigación; Almudena Fernández, asistente de programación de la iniciativa; Blanca Urrea, asistente de programa de la UDA; Nohemí Vázquez, asistente administrativo; Ramón Cota, editor; María Eugenia Urzúa, diagramadora. Se agradece el apoyo de los equipos de dirección y administración de la oficina.

La División de Desarrollo Sostenible y Asentamientos Humanos de la CEPAL proporcionó asesoría, particularmente Joseluis Samaniego, Director y Luis Miguel Galindo, Jefe de la Unidad de cambio climático.

UKAID/ GOBIERNO DEL REINO UNIDO

Julie Chappel, Embajador del Reino Unido en Guatemala, Honduras y El Salvador; Ian Hughes, anterior Embajador del Reino Unido en Guatemala, Honduras y El Salvador; Tom Kennedy, anterior Embajador del Reino Unido para Costa Rica y Nicaragua; enlaces con el proyecto. Josceline Wheatley y Su Lin Garbett-Shiels de UKAID.

Se agradece la asesoría de Lord Nicholas Stern, Chris Taylor y Dimitri Zenghelis del Equipo Stern.

DANIDA/ AGENCIA DE COOPERACIÓN PARA EL DESARROLLO DE DINAMARCA

Søren Vøhtz, Embajador; Thomas Nielsen, Asesor Regional y Bayardo Quintero, Oficial de Programas

EQUIPO TÉCNICO Y SOCIOS DEL ESTUDIO DE CLIMA

Julie Lennox, coordinadora, Allan Beltrán y Jaime Olivares, consultores de la UC de la CEPAL México quienes prepararon el documento del estudio. Este estudio se basa en las climatológicas históricas y los escenarios futuros con cambio climático de la iniciativa ECCCCA desarrollados por consultores del Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Se agradece el apoyo de los delegados de los Ministerios de Ambiente del CTR por su asesoría en este estudio.

ÍNDICE

	Página
Resumen Ejecutivo.....	9
Introducción.....	14
1. Escenarios del patrón intraanual de temperatura y precipitación con cambio climático a nivel país	20
2. Escenarios del patrón intraanual de temperatura y precipitación con cambio climático a nivel de departamentos y regiones geoclimáticas	29
3. Conclusiones	68
Bibliografía.....	72

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Centroamérica: Temperatura media mensual por región geoclimática, promedio 1950-2000.....	31
2. Centroamérica: Temperatura media mensual por país y región geoclimática, promedio 1950-2000.....	34
3. Centroamérica: Precipitación mensual por región geoclimática, promedio 1950-2000.....	38
4. Centroamérica: Precipitación mensual media anual por país y región geoclimática, promedio 1950-2000	41
5. Centroamérica: Temperatura media mensual por región geoclimática, escenarios B2 y A2, 2100	50
6. Centroamérica: Temperatura mensual media anual por país y región geoclimática, escenarios B2 y A2, 2100	53
7. Centroamérica: Precipitación mensual por región geoclimática, escenarios B2 y A2, 2100	63
8. Centroamérica: Precipitación mensual media anual, por país y región geoclimática, escenarios B2 y A2, 2100	66

ÍNDICE DE GRÁFICOS

1. Centroamérica: Temperatura media mensual, escenario B2, promedio 1980-2000 a 2100.....	22
2. Centroamérica: Temperatura media mensual, escenario A2, promedio 1980-2000 a 2100.....	23
3. Centroamérica: Precipitación mensual, escenario B2, promedio 1980-2000 a 2100.....	26
4. Centroamérica: Precipitación mensual, escenario A2, promedio 1980-2000 a 2100.....	27
5. Centroamérica: Temperatura media mensual por departamento y región geoclimática, promedio 1950-2000	30
6. Centroamérica: Temperatura media mensual por departamento y región geoclimática, promedio 1950 – 2000.....	31
7. Centroamérica: Temperatura media mensual por país, departamento y región geoclimática, promedio 1950 – 2000.....	33
8. Centroamérica: Temperatura media mensual por región geoclimática, promedio 1950-2000.....	35
9. Centroamérica: Precipitación mensual por departamento y región geoclimática, promedio 1950-2000.....	36
10. Centroamérica: Precipitación mensual por departamento y por región geoclimática, promedio 1950-2000.....	37

11.	Centroamérica: Precipitación mensual por país departamento y región geoclimática, promedio 1950-2000.....	40
12.	Centroamérica: Precipitación mensual por región geoclimática, promedio 1950-2000.....	41
13.	Centroamérica: Temperatura media mensual por departamento y región geoclimática (agregado), escenarios B2 y A2, 2100.....	48
14.	Centroamérica: Temperatura media mensual por departamento, por región geoclimática (desagregado), escenarios B2 y A2, 2100	49
15.	Centroamérica: Temperatura media mensual, por país, departamento y región geoclimática, escenarios B2 y A2, 2100	51
16.	Centroamérica: Temperatura media mensual por región geoclimática, escenarios B2 y A2, 2100	53
17.	Centroamérica: Precipitación mensual por departamento y región geoclimática (agregado), escenarios B2 y A2, 2100.....	60
18.	Centroamérica: Precipitación mensual por departamento y región geoclimática (desagregado), escenarios B2 y A2, 2100.....	61
19.	Centroamérica: Precipitación mensual por país, departamento y región geoclimática, escenarios B2 y A2, 2100.....	64
20.	Centroamérica: Precipitación mensual, por región geoclimática, escenarios B2 y A2, 2100	67

ÍNDICE DE MAPAS

1.	Centroamérica: Temperatura media mensual por departamento, promedio 1950–2000	32
2.	Centroamérica: Precipitación mensual media anual por departamento, promedio 1950–2000	39
3.	Centroamérica: Temperatura mensual media anual por departamento, escenario B2, promedio 1950–2000 y cortes a 2100	44
3.	Centroamérica: Temperatura mensual media anual por departamento, escenario B2, promedio 1950-2000 y 2100 (ampliación)	45
4.	Centroamérica: Temperatura mensual media anual por departamento, escenario A2, promedio 1950–2100 con cortes a 2100	46
4.	Centroamérica: Temperatura mensual media anual por departamento, escenario A2, promedio 1950-2000 y 2100 (ampliación)	47
5.	Centroamérica: Precipitación mensual media anual por departamento, escenario B2, promedio 1950–2000 y cortes a 2100	56
5.	Centroamérica: Precipitación mensual media anual por departamento, escenario B2, promedio 1950-2000 y 2100 (ampliación)	57
6.	Centroamérica: Precipitación mensual media anual por departamento, escenario A2, promedio 1950–2000 y cortes a 2100	58
6.	Centroamérica: Precipitación mensual media anual por departamento, escenario A2, promedio 1950-2000 y 2100 (ampliación)	59

ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

CCA	Centro de Ciencias de la Atmósfera de la Universidad Nacional Autónoma de México
CCAD	Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo
CRU	Unidad de Investigación Climática, de la Universidad de Anglia Este (por sus siglas en inglés)
CEPAL	Comisión Económica para América Latina y el Caribe
COP15	15ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas en Copenhague 2009
COP16	16ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas en Cancún 2010
COP 17	17ª Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Cambio Climático de las Naciones Unidas en Durban 2011
CTR	Comité Técnico Regional de la iniciativa
DANIDA	Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca
DFID	Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (por sus siglas en inglés)
ECCCA	Iniciativa La economía del cambio climático en Centroamérica
ENOS	El Niño-Oscilación Sur
ERCC	Estrategia Regional de Cambio Climático
GFDL	Laboratorio de Dinámica de Fluidos Geofísicos de la Universidad de Princeton (por sus siglas en inglés)
IPCC	Panel Intergubernamental de Cambio Climático (por sus siglas en inglés)
MARN ES	Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador
SICA	Sistema de Integración Centroamericana
SIECA	Sistema de Integración Económica Centroamericana
UEA	Universidad de Anglia Este (por sus siglas en inglés)
UKAID	Programa de Asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (por sus siglas en inglés)
UNAM	Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN EJECUTIVO

Aunque se estima que Centroamérica seguirá emitiendo niveles mínimos de gases de efecto invernadero (GEI), ya es una de las regiones más expuestas a sus consecuencias. Sus vulnerabilidades socioeconómicas históricas están siendo amplificadas por sus características de istmo estrecho entre dos continentes y dos sistemas oceánicos, el Pacífico y el Atlántico. La región siempre ha sido gravemente afectada por patrones de sequía, ciclones y el fenómeno de El Niño-Oscilación Sur (ENOS). El cambio climático está magnificando estas vulnerabilidades históricas e incidirá cada vez más en la evolución económica y ambiental de la región, pues los factores climatológicos son muy significativos en agricultura, generación hidroeléctrica y muchas otras actividades.

En respuesta a esta amenaza, los Presidentes del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) acordaron un conjunto de mandatos para sus instituciones nacionales y regionales en la cumbre de mayo de 2008. Estos mandatos han sido ampliados en las cumbres subsiguientes de junio 2010, noviembre 2011 y junio 2012. En este marco, los Ministros de Ambiente y Hacienda o Finanzas, con sus instancias regionales, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y el Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (COSEFIN), la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA) y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) emprendieron la iniciativa “La economía del cambio climático en Centroamérica” (ECCCA), con financiamiento del Programa de Asistencia del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (UKAID) y la Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA).

En el marco de esta iniciativa, el presente estudio tiene el objetivo de proporcionar un análisis desagregado espacial y temporal de las posibles alteraciones de temperatura y precipitación por el cambio climático en Centroamérica. Su finalidad es contribuir al diseño de acciones de adaptación en zonas geográficas específicas. Se analiza la evolución de ambas variables y sus patrones intraanuales (por mes) por país, departamento y una regionalización geoclimática propuesta para tomar en cuenta la diversidad de climas, principalmente de la lluvia. Las estimaciones son proyectadas con diferente cortes temporales a 2100, con dos escenarios de cambio climático: el primero más pesimista (A2) y el segundo menos pesimista (B2). Este estudio complementa el análisis previo por país y temporalidad anual, disponible en el primer capítulo del Reporte Técnico publicado por la iniciativa ECCCA en 2011 (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

Los dos escenarios de emisiones de GEI utilizados son del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). El escenario más pesimista (llamado A2) proyecta un aumento continuo de las emisiones globales de GEI, resultando en un mayor incremento de la temperatura y una disminución sustancial de la lluvia en la mayor parte de Centroamérica, salvo en regiones de Costa Rica y Panamá. Los supuestos básicos de este escenario son una población mundial creciente donde los patrones de fertilidad humana de las regiones convergen lentamente, el desarrollo económico se enfoca a nivel regional, y el crecimiento

económico per cápita y el cambio tecnológico evolucionan en forma lenta y fragmentada. Este escenario advierte altos riesgos para la región si la comunidad internacional no reduce la trayectoria actual de emisiones de GEI a nivel global.

El escenario menos pesimista (llamado B2) prevé una disminución menor de la lluvia en la mayor parte de la región y un incremento menor de la temperatura, suponiendo una trayectoria de emisiones de GEI menor que la del escenario A2. Sus supuestos básicos son un modelo de desarrollo orientado a soluciones económicas, sociales y ambientales locales, un crecimiento de la población mundial menor que en A2 y un desarrollo económico moderado. La materialización de este escenario probablemente requerirá un acuerdo y acciones internacionales para reducir substancialmente las emisiones globales de GEI a corto plazo.

El estudio utiliza las variables de temperatura media mensual (°C) y precipitación acumulada mensual (mm) por países, departamentos, distritos o provincias, según la denominación de cada país. La palabra “departamento” se usa para designar 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 disponibilidad de datos y su ubicación geográfica, para las comarcas de Madugandí se recomienda utilizar los resultados de la provincia de Panamá, y los de Darién para las comarcas Emberá-Wounan y Wargandí. Con la orientación de los delegados de los Ministerios de Ambiente y meteorólogos nacionales, se identificaron tres grandes regiones geoclimáticas: Pacífico, Atlántico y Centro. Los departamentos con costa de mar extensa están incluidos en las regiones Pacífico o Atlántico; los departamentos sin costa o con costas poco extensas fueron incluidos en la región Centro. Para Guatemala se acordó agregar una cuarta región, Altiplano Occidental.

En los análisis por país se utilizaron los promedios mensuales del período 1980 a 2000 según la base de datos CRU TS3.0. En el análisis por departamento y región geoclimática se utilizaron los promedios mensuales del período 1950 a 2000 según la base de datos del WorldClim. Para proyectar los escenarios al año 2100 por país se utilizaron los promedios de los modelos HADCM3, GFDL R30 y ECHAM4 (para B2) y HADGEM1, GFDL CM2.0 y ECHAM5 (para A2). En el análisis por departamento y región geoclimática se consideró el promedio de los modelos ECHAM4 y HADCM3 (para B2) y ECHAM4 y HADGEM (para A2). Para identificar la tendencia con mayor claridad se calcularon promedios de diez años para cada año de corte: 2020 (promedio 2016 a 2025), 2030 (promedio 2026 a 2035), 2050 (promedio 2046 a 2055), 2070 (promedio 2066 a 2075) y 2100 (promedio 2091 a 2100). Por tratarse de escenarios a largo plazo que integran diversas “capas” de análisis con incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como predicciones ni como magnitudes exactas.

En el período 1950 a 2000, la mayor parte de los departamentos del Pacífico y del Atlántico tuvieron una temperatura media anual entre 24 °C y 27 °C; y solamente un Departamento Valle de Honduras, ha tenido un promedio histórico entre 27 °C y 30 °C. Los departamentos de la región Centro tuvieron entre 21 °C y 24 °C, con variaciones por altitud principalmente. La región Altiplano Occidental guatemalteco tuvo un rango más bajo, entre 15 °C y 18 °C. Guatemala y Costa Rica tuvieron el rango mayor, seguidos por Honduras y Nicaragua. En cuanto a los patrones intraanuales históricos, se aprecia que en la región Pacífico la temperatura aumentaba los primeros meses del año con un máximo en abril para disminuir gradualmente hasta diciembre. En la región Atlántico alcanzaba su máximo en mayo, se estabilizaba en septiembre y después descendía gradualmente

hasta diciembre. La región Centro presentaba un rango más amplio entre departamentos. En el Altiplano Occidental guatemalteco el nivel máximo medio se alcanzaba en marzo.

En el estudio previo realizado sobre potenciales impactos del cambio climático en la temperatura a nivel país, disponible en el Reporte Técnico 2011, se estimaron aumentos de temperatura de entre 0,50 °C y 0,57 °C (con B2) y entre 0,63 °C y 0,80 °C (con A2) al corte 2020, indicando que aun a corto plazo habría impactos diferentes en ambos escenarios. La diferencia aumenta con el tiempo, alcanzando rangos de 2,20 °C a 2,67 (con B2) y 3,60 °C a 4,73 °C (con A2) el corte 2100.

En el escenario B2, la temperatura media anual aumentaría progresivamente. Al corte 2020, 52 departamentos experimentarían temperaturas entre 24 °C y 27 °C, relativo a los 49 en este rango en el período histórico; y a 2050, serían 45. Además a mitad del siglo, 25 departamentos tendrían temperaturas entre 27 °C y 30 °C. Al corte 2100, la región Centro sufriría el mayor aumento con 3,1 °C, mientras que el menor ocurriría en la región Atlántico con 2,5 °C. El Departamento de Valle en Honduras alcanzaría el rango de 30°C a 33 °C; único en este rango. Para la región Centro se estiman temperaturas entre 24 °C a 27 °C al corte 2100, mientras que en el Altiplano Occidental de Guatemala y el Valle Central de Costa Rica podrían alcanzar entre 18 °C y 21 °C.

En el escenario A2, los incrementos de temperatura serían mayores. Al corte 2020, 56 departamentos experimentarían temperaturas entre 24 °C y 27 °C, y 8 departamentos tendrían temperaturas entre 27 °C y 30 °C relativos a 1 en el período histórico. Al corte 2070, el Departamento de Valle en Honduras alcanzaría el rango de 30 °C a 33 °C y hacia finales del siglo, otros 11 departamentos la alcanzarían. En el resto de las regiones Pacífico y Atlántico alcanzarían un rango de temperatura entre 27 °C y 30 °C, con excepción de algunos departamentos de El Salvador, Guatemala y Panamá, que tendrían un rango de 24 °C a 27 °C. Con respecto al período histórico, la región Atlántico tendría un aumento de 3,7 °C, pero el Altiplano Occidental guatemalteco habría sufrido el mayor aumento con 4,8 °C. Así en esta zona de mayor altitud, solamente dos departamentos quedarían en el rango de 15 °C a 18 °C y seis en el rango de 18 °C a 21 °C con el Valle Central de Costa Rica. A nivel de países, Guatemala y Costa Rica mantendrían una mayor diversidad de temperaturas, seguidos por Nicaragua y Honduras. Esta variación podría permitir más opciones de adaptación en la agricultura, por ejemplo.

En el análisis intraanual de los impactos potenciales en la temperatura media por país y región geoclimática destaca el aumento progresivo de la temperatura en todos los meses. Los cambios de los patrones intraanuales en sí serían menores: en Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras, la temperatura aumentaría más entre abril y octubre según el escenario A2.

De 1950 a 2000, la mayor parte de los departamentos del Atlántico experimentaron niveles de precipitación media mensual entre 155 mm y 290 mm. Los niveles del Pacífico fueron menores, en un rango entre 110 mm y 200 mm, seguidos por los del Altiplano Occidental guatemalteco en el rango de 110 mm a 155 mm. Los menores niveles ocurrieron en la región Centro, entre 65 mm y 155 mm. Una característica de la precipitación en Centroamérica es su gran variabilidad interanual.

En cuanto al patrón intraanual de precipitación, en el período 1950 a 2000 se observó gran variabilidad dentro y entre las regiones. No obstante, es posible identificar algunos patrones. En el Pacífico había una época seca y otra lluviosa. A principios del año, los niveles eran muy bajos y se incrementaban a partir de mayo, hasta alcanzar su máximo en junio. En julio y agosto, período de la canícula o veranillo, se presentaba una disminución. Posteriormente, la lluvia aumentaba de nuevo,

hasta alcanzar otro máximo en septiembre y octubre, normalmente mayor que el de junio. Algunos departamentos del Atlántico no tuvieron meses sin lluvia. De todas formas, la precipitación aumentaba a partir de abril, hasta alcanzar su punto máximo en julio, con canícula en agosto y septiembre, más otro aumento en octubre, hasta disminuir en los últimos dos meses del año. En las regiones Centro y Altiplano Occidental guatemalteco se alcanzaban dos máximos de lluvia (junio y septiembre) con un período de canícula intermedio; pero el Centro recibía mayores niveles de diciembre a febrero.

Con los escenarios de cambio climático, el primer análisis realizado en la iniciativa ECCCA preveía que la precipitación anual acumulada a nivel de país podría sufrir variaciones entre -0,7% y 6,2% (con B2) y entre -3,5% y 1,8% (con A2) a 2020 respecto al período 1980 a 2000. No obstante, hacia el corte 2050 se estiman reducciones en ambos escenarios, las cuales se exacerbarían el resto del siglo, especialmente con A2. A 2100 se estiman cambios de entre -2,9% y -17,4% (con B2) y -17,5 y -34,9% (con A2). Debe hacerse notar que los modelos de circulación general del clima tienen mayor dificultad para modelar la precipitación que la temperatura y los modelos utilizados arrojan resultados de precipitación variables. No obstante, se puede detectar tendencias generales. Las menores reducciones ocurrirían en Panamá y Costa Rica. Todos los modelos arrojan que en A2 habría mayores reducciones o menores aumentos que en B2. Los aumentos estimados son menores que las reducciones, especialmente en A2.

Durante este siglo bajo el escenario B2, los niveles de lluvia tenderían a disminuir ligeramente o permanecerían estables en las cuatro regiones geoclimáticas. La región Atlántico sufriría la mayor reducción, -11,2 mm promedio mensual (cambio porcentual de -6.1%). El Altiplano Occidental guatemalteco tendría un aumento de 0,5 mm promedio mensual (cambio porcentual de 0,4%).

El escenario A2 presenta ciertas fluctuaciones en precipitación en las próximas dos décadas dependiendo de la región, pero establece una tendencia a la baja que se exagera con el avance del siglo. Así, al corte de 2020, 18 departamentos tendrían precipitaciones en un rango de 65 mm-110 mm en relación a los 11 departamentos del período histórico, mientras que dos departamentos, pertenecientes al corredor seco bajarían al rango de 20 mm-65 mm; no siendo este un rango presente históricamente. Al corte 2050 ya 26 departamentos se encontrarían en el rango de 65 mm-110 mm y cuatro departamentos del corredor seco bajaría al rango de 20 mm-65 mm. En este corte solo seis departamentos estarían en el rango de lluvia más alto de 245 mm-290 mm donde estaban 11 en el período histórico. Finalmente al corte 2100, 31 departamentos presentarían niveles de lluvia en el rango 65 mm-110 mm y 11 departamentos dentro del rango de 20 mm-65 mm algunos encuentran en el corredor seco de Guatemala, Honduras y Nicaragua. Para este corte ya ningún departamento tendría precipitaciones en el nivel de 245 mm-290 mm.

En cuanto al patrón intraanual de precipitación de toda la región, se estima que con B2 la lluvia aumentaría al inicio de la temporada en las próximas décadas, posiblemente con un inicio más temprano. Al mismo tiempo, especialmente en la segunda mitad del siglo, bajaría el nivel de precipitación posterior a la canícula, perdiendo la característica bimodal en algunos países. El mayor nivel de lluvia habría cambiado del período post canícula al período pre canícula al final del siglo, con excepción de Nicaragua. En Belice y Costa Rica el nivel máximo en 2100 pasaría de octubre a mayo, mientras que en El Salvador y Guatemala pasaría de septiembre a mayo, en Honduras de septiembre a junio, en Panamá de octubre a junio y en Nicaragua de junio a mayo.

Con A2 se estima que en las próximas décadas el patrón bimodal de precipitación podría exacerbarse, con aumentos en los dos períodos de altas lluvias y disminuciones durante la canícula.

Posteriormente, las lluvias del primer período se reducirían progresivamente, dejando un máximo anual único entre octubre y noviembre. En el caso de Belice, la evolución del patrón sería diferente porque la canícula ha sido poco severa; con A2 la lluvia se reduciría al principio de la temporada y aun más durante la canícula, para aumentar en el período post canícula. Panamá podría 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. Así pues, los meses de lluvia acumulada máxima cambiarían respecto del promedio histórico: de septiembre a octubre en Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras; de junio a octubre en Nicaragua y de octubre a agosto en Panamá. En Costa Rica continuaría ocurriendo en octubre.

Los patrones intraanuales de las regiones geoclimáticas sufrirían cambios, principalmente con el A2. En el escenario B2 hacia el final de siglo, el patrón bimodal del Pacífico se mantendría, pero los meses de lluvia máxima serían mayo a junio y octubre, y la canícula podría ocurrir en julio y agosto. La precipitación disminuiría en algunos departamentos. En el escenario A2, la lluvia del primer período sería menor y el máximo ocurriría en mayo, con una canícula más seca en junio y julio, y el mes más lluvioso sería octubre. Algunos departamentos podrían tener nula precipitación entre enero y marzo.

La región del Atlántico presentaría mayor diversidad de patrones de precipitación que en el período histórico. En general, la lluvia disminuiría durante todo el año y la temporada de lluvias sería más variada, especialmente con A2, donde algunos departamentos tendrían su nivel máximo en junio, en contraste con otros, que no tendrían lluvia ese mes. En la región Centro, el patrón histórico bimodal continuaría con B2 pero con menores niveles de lluvia. Bajo el escenario A2, el patrón bimodal se modificaría, alcanzando un primer máximo muy reducido en mayo, una canícula en junio y julio, en la cual algunos departamentos experimentarían nula precipitación y, finalmente, lluvias máximas en septiembre y octubre. En el Altiplano Occidental guatemalteco el patrón bimodal se mantendría relativamente estable con B2, pero con A2 el primer máximo se reduciría significativamente, la canícula sería mucho más pronunciada y algunos departamentos tendrían nula o muy baja precipitación. Habría una segunda temporada de lluvia con máximos en septiembre y octubre en ambos escenarios.

En resumen, este estudio ilustra que los escenarios de cambio climático generarían diferentes impactos en temperatura y precipitación por países, departamentos y regiones geoclimáticas identificadas. La información presentada por departamentos y regiones geoclimáticas, por años de corte futuros y por patrones intraanuales es una herramienta útil para afinar el análisis de impactos potenciales en agricultura, salud y energía y para diseñar acciones de adaptación en zonas específicas. Esta información ha sido usada en otros dos estudios de esta serie, el de indicadores de aridez y el de impactos potenciales en la generación de hidroelectricidad. Es importante subrayar que el diseño de medidas de reducción de riesgos asociados al clima requiere análisis basados en datos de clima locales, de países y de la región centroamericana. Varios países han iniciado esfuerzos para expandir y mejorar su red de estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas y la formación de profesionales en climatología. Dichos esfuerzos deben priorizarse y ampliarse en el futuro.

INTRODUCCIÓN

Aunque se estima que Centroamérica seguirá produciendo una mínima parte de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del planeta, ya es una de las regiones más vulnerables a sus consecuencias negativas. Sus vulnerabilidades socioeconómicas históricas se exacerban por su ubicación geoclimática en un istmo estrecho entre dos continentes y entre los océanos Pacífico y Atlántico. La región es recurrentemente afectada por sequías, ciclones y el fenómeno El Niño-Oscilación Sur. El cambio climático está magnificando estas vulnerabilidades e incidirá cada vez más en la evolución económica de la región, dado que los factores dependientes del clima son decisivos para las actividades productivas, como la agricultura. En términos fiscales, el cambio climático constituye un pasivo público contingente que afectará las finanzas públicas en forma creciente; las cuales ya enfrenta mayores demandas por los impactos de un creciente número de eventos extremos como huracanes, lluvias intensas e inundaciones.

La región contiene valiosos acervos que requieren ser preservados y valorados por su contribución al desarrollo de las generaciones actuales y futuras. Tales son sus ecosistemas y biodiversidad abundante, que proveen múltiples servicios. Estos ecosistemas se están deteriorando por el patrón de desarrollo insostenible y lo serán más por el cambio climático. La población de la región, relativamente joven, con gran diversidad cultural, étnica y de estilos de vida, es un tesoro que requiere mayor reconocimiento e inversión para revalorar y desarrollar sus capacidades de respuesta.

En su cumbre de mayo de 2008, los Presidentes del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) acordaron un conjunto de mandatos para sus instituciones nacionales y regionales sobre la respuesta al cambio climático. A partir de entonces, la preocupación por los impactos de este fenómeno se ha mantenido en la agenda regional, y los Presidentes han ratificado y ampliado sus mandatos originales en las cumbres subsiguientes de junio 2010, noviembre 2011 y junio 2012.

En este marco, los Ministros de Ambiente y Hacienda o Finanzas, sus instancias regionales, la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD) y el Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (COSEFIN), la Secretaría de Integración Económica de Centroamérica (SIECA) y la Comisión Económica para América latina y el Caribe (CEPAL), han emprendido la iniciativa “La economía del cambio climático en Centroamérica”. Dicha iniciativa busca generar evidencia de la vulnerabilidad de la región al cambio climático, estimar impactos y costos potenciales en diferentes sectores, alertar a los tomadores de decisiones y actores clave de la región sobre la urgencia de enfrentar este reto y propiciar un diálogo sobre opciones de políticas y acciones nacionales y regionales. La iniciativa ha contado con financiamiento del Ministerio para el Desarrollo Internacional del Gobierno Británico (UKAID) y de la Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA) y se apoya en un mecanismo de gestión conjunta con los Ministerios de Ambiente y Hacienda o Finanzas. El mecanismo incluye las instancias ministeriales y un Comité Técnico Regional (CTR) con delegados de dichos ministerios, CCAD, COSEFIN y SIECA. Recientemente se han realizado

consultas y establecido acuerdos con los Consejos de Ministros de Agricultura y Salud (CAC y COMISCA) y sus secretarías ejecutivas sobre la agenda de cambio climático en estos dos sectores.

El análisis considera el impacto potencial del cambio climático en Centroamérica en diversos escenarios de desarrollo y trayectorias de emisiones, frente a los costos y beneficios de posibles respuestas de inacción (conocidas como *business as usual*), opciones de reducción de vulnerabilidad, adaptación y transición hacia una economía sostenible baja en carbono. Establece un escenario macroeconómico tendencial sin cambio climático contra el cual se mide el costo del fenómeno. El análisis de impactos es “de abajo hacia arriba” por sectores y ámbitos como agricultura, recursos hídricos, eventos extremos y servicios ecosistémicos, los cuales son valorizados en función del PIB. Se exploran ampliamente los retos y opciones de adaptación y desarrollo de economías bajas en carbono por sectores también. Los escenarios futuros son estimados al año 2100, con cortes los años 2020, 2030, 2050 y 2070. Para las opciones de mitigación se adopta un marco temporal hacia el año 2030 con cortes a 2010 y 2020 por la incertidumbre sobre cambios tecnológicos. Por tratarse de escenarios a largo plazo que integran diversas “capas” de análisis con incertidumbres y dificultades metodológicas, los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como predicciones ni como magnitudes exactas.

Los primeros resultados sugieren que los impactos del cambio climático en Centroamérica en un escenario más pesimista de emisiones crecientes e inacción global (llamado A2 por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) son significativos y crecientes, con cierta heterogeneidad entre los países. Se confirma la asimetría de que los países desarrollados que han contaminado más sufren menos impactos y tienen recursos para adaptarse. En cambio, los países que menos contribuyen al problema sufren mayores impactos y tienen menos resiliencia. Se confirma también que los costos de los impactos en un escenario de inacción global, particularmente de los países emisores grandes, serían más elevados que los de un escenario con un acuerdo internacional equitativo e incluyente que lograra reducir significativamente las emisiones. Tendría que ser un acuerdo con responsabilidades compartidas y diferenciadas entre los países, que facilite a los países altamente vulnerables, como los de Centroamérica, avanzar con medidas de adaptación y mitigación en un marco de desarrollo sostenible e incluyente.

Desde la óptica económica es más rentable actuar ahora que dejar el problema a las generaciones futuras, además de las consideraciones éticas de esta posición. Los resultados de la investigación demuestran que el valor presente del costo de los impactos del cambio climático resultará demasiado alto a la postre si no tomamos medidas ambiciosas e inmediatas. Se confirma también que el cambio climático es el mayor fracaso del mercado jamás visto por no internalizar el valor del clima como bien público global y no registrar adecuadamente sus impactos en la sociedad y en los servicios ambientales. Esto implica que, más allá de la valorización económica, se requiere tomar decisiones éticas respecto a la inequidad entre generaciones y a cómo valorizar las necesidades de las generaciones futuras y de los ecosistemas, los cuales nos prestan múltiples servicios ambientales que perderemos antes de que el mercado incentive su manejo adecuado. Se concluye también que 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 reto de adaptación de Centroamérica exige redoblar esfuerzos para reducir la pobreza, la desigualdad y la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental, y aumentar la capacidad adaptativa de las sociedades, poblaciones específicas y ecosistemas conexos. Debe admitirse asimismo que

habrá límites a la adaptación, con pérdidas y daños no reparables aun si hubiera financiamiento abundante, sobre todo en el escenario de inacción con una economía mundial alta en carbono.

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

Más recomendable sería lograr acuerdos nacionales, regionales e internacionales para impulsar **estrategias adaptativas incluyentes y sustentables** que integren las acciones de reducción de vulnerabilidad y de pobreza con las de adaptación y transición a economías más sostenibles y bajas en carbono. Esto incluye acciones de interés para la agenda de desarrollo sostenible e incluyente que pueden generar cobeneficios de reducción de emisiones, como la protección o restauración de bosques y la eficiencia energética e hídrica. En este escenario, la actual recesión económica global y los riesgos de cambio climático serían convertidos en oportunidad para revisar a profundidad la especialización productiva de las economías. Esto incluiría sus formas de inserción en los mercados regional y global, los vínculos entre sus patrones energéticos y las externalidades negativas por emisiones contaminantes, pérdidas de salud pública y de cosechas, debilidades de la infraestructura rural y urbana, degradación de ecosistemas y pérdida de sus servicios.

Las sociedades centroamericanas necesitan volverse gestoras audaces del recurso hídrico, asegurando su uso sostenible y eficiente para beneficio de la población y la producción. Blindar la seguridad alimentaria ante el cambio climático, particularmente los granos básicos, y transitar hacia una agricultura más sostenible es un reto enorme pero impostergable para proteger a la población pobre del campo y la ciudad. La protección de los ecosistemas naturales y su biodiversidad (bosques, sistemas montañosos y fluviales, zonas costero-marinas, corales y manglares) es vital para mantener sus múltiples servicios a la población humana y otros seres vivos. Un elemento esencial de adaptación al cambio climático y transición a economías bajas en carbono es el cambio tecnológico, entendido como acceso a tecnologías modernas y 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 y 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. Las ventajas y desventajas de las diversas opciones pueden variar entre países y dependen de acuerdos internacionales aún por establecerse. Debido a este contexto variable e incierto, la iniciativa busca proporcionar un análisis amplio, no necesariamente vinculado a la posición de países en particular.

Con el propósito de discutir, divulgar y aprovechar los resultados de esta iniciativa en la formulación de políticas nacionales y estrategias regionales, se publicaron los documentos *Síntesis 2010* y *Reporte técnico 2011*, los cuales se han presentado en casi veinte eventos nacionales y regionales con la participación de aproximadamente 800 funcionarios públicos, representantes de organizaciones no gubernamentales, de gremios, sector privado, universidades y otros centros de investigación. En coordinación con los Ministros de Ambiente, los resultados han sido

presentados en las últimas tres Conferencias de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP's 15, 16 y 17), en eventos “paralelos” organizados por los Ministros de Ambiente, la CEPAL y otras agencias internacionales. Los resultados han servido de insumo para capacitar los comités nacionales de cambio climático y equipos de negociadores. Los análisis técnicos fueron incluidos en la Estrategia Regional de Cambio Climático, aprobada por los Ministros de Ambiente en 2010 y utilizados en la preparación de proyectos de financiamiento internacional y la discusión de diversas políticas nacionales.

En función de estos avances, los socios de la iniciativa acordaron avanzar en la generación de evidencia que apoye la formulación de políticas de adaptación, tomando en cuenta las necesidades específicas de los países y sectores. Se ha dedicado atención a los análisis desagregados sectoriales, espaciales y temporales, con énfasis en las tendencias climáticas de las últimas décadas y escenarios de las próximas. Así, la iniciativa ha analizado las tendencias del clima en las últimas décadas, escenarios futuros a escala departamental y por patrones intraanuales, cambios potenciales en indicadores de aridez e impactos potenciales en generación de hidroelectricidad en Guatemala y El Salvador.

Con los Ministerios de Salud y el Consejo de Ministros de Salud de Centroamérica y República Dominicana (COMISCA), la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y varias instituciones expertas, se ha acordado desarrollar la iniciativa “Salud y cambio climático” para analizar el impacto potencial del cambio climático en las enfermedades sensibles al clima. Como primer paso se ha preparado un análisis del estado actual de conocimiento sobre la relación del clima y la incidencia de enfermedades como malaria, dengue y enfermedades respiratorias, entre otras.

La iniciativa desarrolla un análisis de tendencias históricas y sostenibilidad fiscal con los Ministerios de Finanzas o Hacienda de la región. Incluye dos cursos técnicos para funcionarios de los ministerios y un foro técnico. Apoya también a los Ministerios de Energía con asesoría para una propuesta de mayor integración de la respuesta al cambio climático en la Estrategia Regional Energética Sustentable Centroamericana 2020; prepara un análisis de variabilidad climática sobre la base de las series históricas de estaciones meteorológicas de la región para los Ministerios de Ambiente; y está preparando una agenda de trabajo técnico con los Ministerios de Agricultura y el Consejo Agropecuario Centroamericano (CAC).

Para apoyar la divulgación y discusión de los nuevos resultados se publica esta Serie técnica 2012, incluyendo esta publicación sobre patrones intraanuales climáticos históricos y escenarios futuros. Estos estudios contaron con la participación de diversos equipos de expertos coordinados por la Unidad Coordinadora de la CEPAL y fueron revisados y aprobados por el Comité Técnico Regional (CTR) de la ECCCA.

El objetivo de este estudio es proporcionar un análisis desagregado espacial y temporalmente de cómo la temperatura y la precipitación podrían modificarse con el cambio climático en Centroamérica con la finalidad de contribuir al diseño de acciones de adaptación en zonas geográficas específicas. Analiza la evolución de estas dos variables y sus patrones intraanuales (mes con mes) a nivel de país, departamentos y regiones geoclimáticas, reconociendo que existe una diversidad de climas a nivel geográfico, los cuales tienen diferentes patrones intraanuales, especialmente en el caso de la lluvia. Con referencia al período histórico, estima sus potenciales futuros cambios para 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100, con dos escenarios de

cambio climático: uno menos pesimista y otro más pesimista. Complementa el análisis originalmente realizado a nivel de país y con temporalidad anual, disponible en el primer capítulo del Reporte técnico publicado por la iniciativa ECCCA en 2010 (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

Los dos escenarios de emisiones de GEI utilizados son del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). El escenario más pesimista (llamado A2) proyecta un aumento continuo de las emisiones globales de GEI, resultando en un mayor incremento de la temperatura y una disminución sustancial de la lluvia en la mayor parte de Centroamérica, salvo en regiones de Costa Rica y Panamá. Los supuestos básicos de este escenario son una población mundial creciente con los patrones de fertilidad humana de las regiones convergen lentamente, y el desarrollo económico está enfocado a nivel regional, mientras el crecimiento económico per cápita y el cambio tecnológico evolucionan en forma lenta y fragmentada. Este escenario advierte altos riesgos para la región si la comunidad internacional no reduce la trayectoria actual de emisiones de GEI a nivel global.

El escenario menos pesimista (llamado B2) prevé una disminución menor de la lluvia en la mayor parte de la región y un incremento menor de la temperatura basado en una trayectoria de emisiones de GEI menor que la del escenario A2. Sus supuestos básicos son un modelo de desarrollo orientado a soluciones económicas, sociales y ambientales locales, la población mundial crece a tasas menores que en A2 y el desarrollo económico es moderado. La materialización de este escenario probablemente requerirá un acuerdo y acciones internacionales para reducir substancialmente las emisiones globales de GEI a corto plazo.

El estudio utiliza las variables de temperatura media (°C) y precipitación mensual acumulada (mm) por países y por la división administrativa subnacional de primer nivel correspondiente: departamentos, distritos o provincias, según la denominación de cada país. La palabra “departamento” se usa para designar 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 disponibilidad de datos y su ubicación geográfica, para las comarcas de Madugandí se recomienda utilizar los resultados de la provincia de Panamá, y los de Darién para las comarcas Emberá-Wounan y Wargandí. Con la orientación de los delegados de los Ministerios de Ambiente y meteorólogos nacionales, se identificaron tres grandes regiones geoclimáticas: Pacífico, Atlántico y Centro. Los departamentos con costa de mar extensa están incluidos en las regiones Pacífico o Atlántico; los departamentos sin costa o con costas poco extensas fueron incluidos en la región Centro. Para Guatemala se acordó agregar una cuarta región, Altiplano Occidental.¹

En los análisis por país se utilizaron los promedios mensuales del período 1980 a 2000 según la base de datos CRU TS3.0. En el análisis por departamentos y regiones geoclimáticas se utilizaron los promedios mensuales del período 1950 a 2000 según la base de datos del WorldClim.² Para proyectar los escenarios al año 2100 se utilizaron los promedios de los modelos HADCM3, GFDL R30 y ECHAM4 (para B2) y HADGEM1, GFDL CM2.0 y ECHAM5 (para A2). En el análisis por departamento y región geoclimática se consideró el promedio de los modelos

¹ La región geoclimática Altiplano Occidental incluye los departamentos Huehuetenango, El Quiché, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, Chimaltenango y Sacatepéquez.

² La climatología WorldClim es una base de datos de un gran número de estaciones meteorológicas diseminadas en el planeta. Se utilizó la versión de muy alta resolución de 30 segundos de arco, que toma en consideración la orografía.

ECHAM4 y HADCM3 (para B2) y ECHAM4 y HADGEM (para A2). Para identificar la tendencia con mayor claridad se calcularon promedios de diez años para cada año de corte: 2020 (promedio 2016 a 2025), 2030 (promedio 2026 a 2035), 2050 (promedio 2046 a 2055), 2070 (promedio 2066 a 2075) y 2100 (promedio 2091 a 2100).

En la primera sección se analiza la evolución de los patrones intraanuales de temperatura y precipitación a nivel país, utilizando el promedio 1980 a 2000 del CRU T3.0 para el análisis histórico y los datos generados por los escenarios de emisiones B2 y A2 arriba descritas. En la segunda sección se analizan los patrones intraanuales de temperatura y precipitación, considerando las cuatro regiones geoclimáticas, Pacífico, Atlántico, Centro y Altiplano Occidental guatemalteco. Se presenta la evolución espacial de las variables climáticas para el período 2020 a 2100, considerando los escenarios B2 y A2 y finalmente se hace un análisis de la evolución de los patrones intraanuales de temperatura media y precipitación mensual acumulada con los escenarios B2 y A2 en las cuatro regiones geoclimáticas al corte 2100, respecto al período 1950 a 2000.

I. ESCENARIOS DEL PATRÓN INTRAANUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN CON CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL DE PAÍS

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, incluyendo El Niño–Oscilación Sur (ENOS); el fenómeno natural con los mayores impactos socioeconómicos (Trenberth y Stepaniak, 2001)³.

A fin de contar con una visión general de las condiciones climáticas de la región se construyó una climatología histórica que cubre el período de 1950 a 2006 y cuenta con los datos de temperatura media anual en grados centígrados (°C) y precipitación acumulada anual en milímetros (mm). Estos datos fueron generados de la base climática CRU TS 3.0, que consiste en rejillas de valores mensuales de algunas variables climáticas con una resolución de 30 minutos de arco, cubriendo el período 1901 a 2006 (UEA, 2010).

Los resultados sugieren que en la mayoría de los países las series de temperatura siguen una tendencia ascendente en la segunda mitad del siglo pasado. 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 aunque con ligera contradicción en la década de los sesenta, 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 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, 2011).

³ ENOS es un fenómeno climático que provoca calentamiento de las aguas del Pacífico oriental y cambios de patrones de precipitación en Centroamérica. En eventos severos se ha registrado una disminución importante de los acumulados de lluvia y cambios en el inicio de la época lluviosa, con implicaciones de menor disponibilidad de agua y más incendios, entre otros fenómenos. Más información sobre los cambios climáticos históricos y los estudios realizados anteriormente en Informe de Factibilidad (CEPAL y DFID, 2009). Más información sobre ENOS en el capítulo VIII sobre eventos extremos climáticos del Reporte Técnico (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

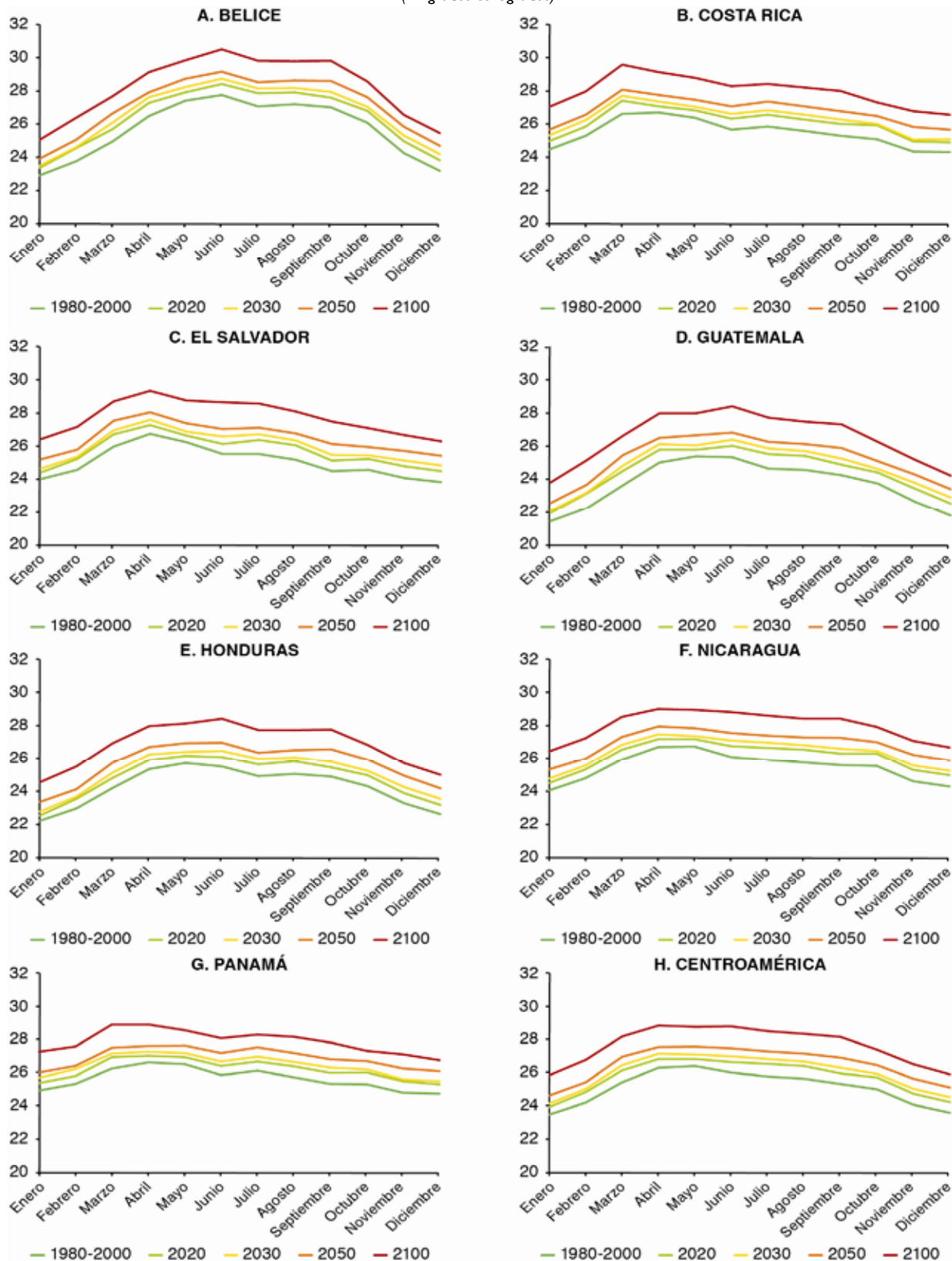
Los patrones de precipitación observados en la segunda mitad del siglo XX demuestran que la región Pacífico se caracteriza por tener una época seca de diciembre a abril, y otra húmeda de mayo a noviembre, aproximadamente, pero con algunas variaciones. La distribución anual de la lluvia es bimodal con 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; Amador y otros, 2006). Las variaciones de la temperatura superficial en los océanos Pacífico y Atlántico tropicales juegan un papel importante en el inicio, duración y final de la estación lluviosa (Alfaro, Cid y Enfield, 1998; Enfield y Alfaro, 1999; E. Alfaro y Cid, 1999; E. Alfaro, 2007). Temporales asociados a la ocurrencia de ciclones tropicales son factores importantes de la precipitación observada (Fernández y Barrantes, 1996). Aún cuando los ciclones tropicales tengan trayectorias parecidas, las distribuciones de lluvia asociadas pueden ser diferentes (Fernández y Vega, 1996). 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).

Las series de precipitación en el período 1950 a 2006 de la base del CRU TS 3.0 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 alto. Belice registra un nivel de 2.165 mm; Honduras 2.028 mm y El Salvador 1.769 mm, el menor nivel (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

La iniciativa ECCCA ha generado estimaciones de cambios en temperatura y precipitación para los escenarios B2 y A2 a 2100 a nivel de cada país centroamericano. Se utilizaron los promedios de los modelos HADCM3, GFDL R30 y ECHAM4 para B2 y HADGEM1, GFDL CM2.0 y ECHAM5 para A2. Para poder identificar mejor la tendencia, se utilizaron promedios de veinte años para el período histórico (1980-2000) de la base de datos CRU TS3.0, y diez años alrededor de cada año corte en el futuro: 2020 (promedio 2016 a 2025), 2030 (promedio 2026 a 2035), 2050 (promedio 2046 a 2055), 2070 (promedio 2066 a 2075) y 2100 (promedio 2091 a 2100). Con el cambio climático, el análisis estima que podría haber aumentos entre 0,50°C y 0,57°C a 2020 con B2 y entre 0,63°C y 0,80°C con A2, respecto al período histórico y con el promedio de tres modelos en cada caso, indicando que aun a corto plazo habría diferentes impactos con los dos escenarios. Esta diferenciación aumenta con el paso del tiempo, y a 2100 el rango llega a entre 2,20 °C y 2,67 con B2 y entre 3,60 °C y 4,73 °C con A2 (CEPAL, CCAD/SICA, UKAID y DANIDA, 2011).

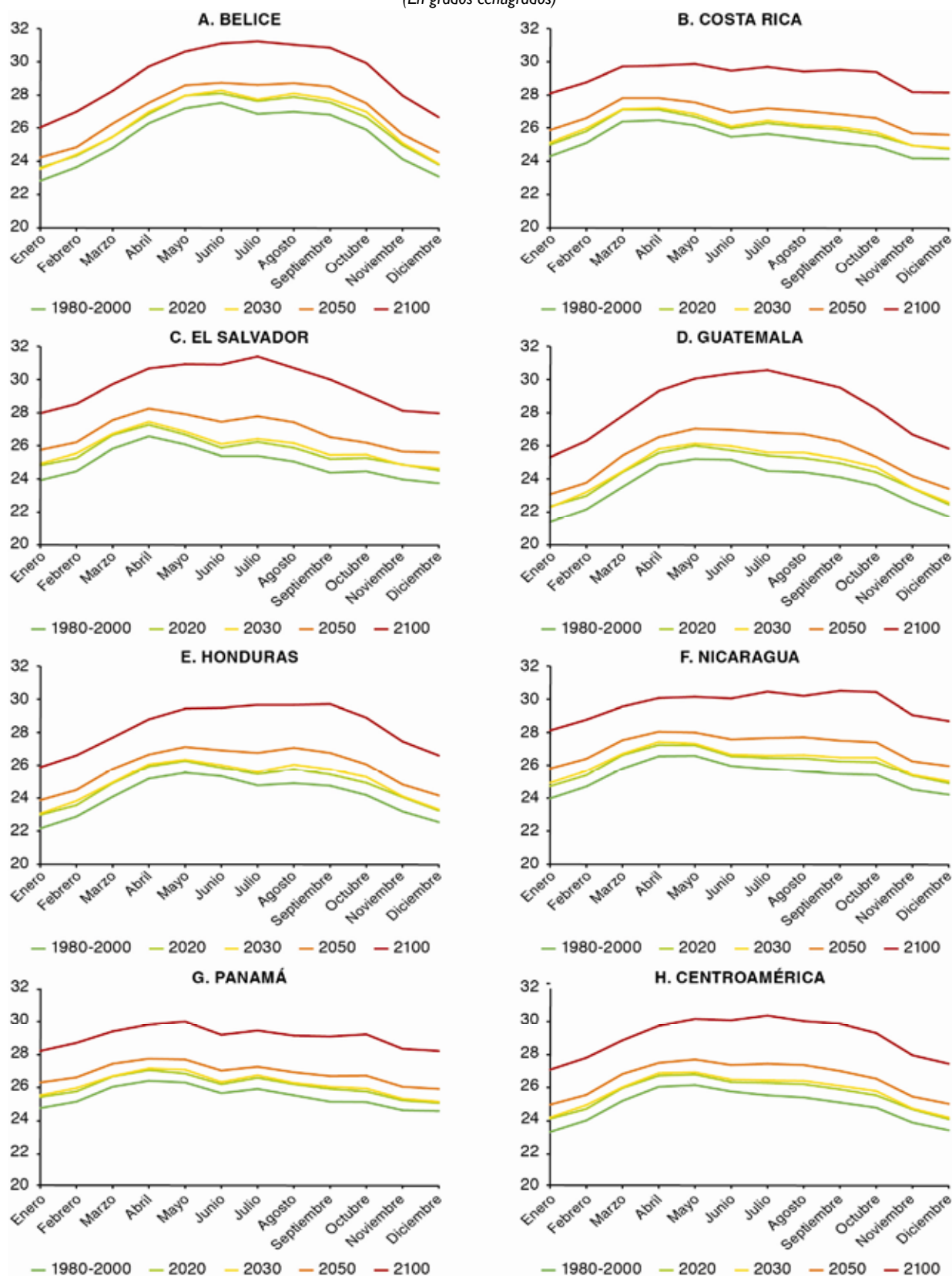
El objetivo de la presente sección es complementar este análisis ya disponible con una exploración de la posible evolución de los patrones intraanuales de temperatura y precipitación en cada país con el cambio climático. Los resultados de los escenarios de temperatura media mensual bajo el escenario B2 se muestran en el gráfico 1 y los del escenario A2 en el gráfico 2, ambos con el promedio de los modelos HADCM3, GFDL R30 y ECHAM4 para B2 y HADGEM1, GFDL CM2.0 y ECHAM5 para A2. Lo más destacable es este progresivo aumento de la temperatura en todos los meses, con diferencias dependiendo del país y el mes. Al mismo tiempo, no se detectaron cambios mayores en el patrón intraanual en sí. Ahora bien, en Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras, la temperatura aumentaría relativamente más entre abril y octubre con A2.

GRÁFICO I
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, ESCENARIO B2, PROMEDIO
1980-2000 A 2100
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 2
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, ESCENARIO A2, PROMEDIO 1980-2000 A 2100
 (En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

El análisis realizado previamente en la iniciativa ECCCA sobre el impacto del cambio climático en la precipitación acumulada anualmente a nivel de país, estima que habría posibles cambios de entre -0,7% y 6,2% con B2 y entre -3,5% y 1,8% con A2 a 2020, respectivo al período histórico y con el promedio de tres modelos en cada caso. Ya a 2050, se prevén reducciones en ambos escenarios, los cuales se exacerbarían en el resto del siglo, especialmente con A2. A 2100, se estiman que habría cambios entre -2,9% y -17,4% con B2 y -17,5 y -34,9% con A2. No obstante, los modelos de circulación general tienden a tener mayores dificultades en modelar la precipitación que la temperatura y los modelos utilizados arrojan resultados variables en cuanto a la lluvia. En general, B2 es un escenario menos pesimista en cuanto a cambios de precipitación que A2; se estima habría reducciones de precipitación menores en Panamá y Costa Rica y mayores en los demás países; todos los modelos estiman que A2 traería mayores reducciones o menores aumentos que B2; y los aumentos estimados son menores que las reducciones, especialmente con A2.

Los cambios en el patrón intraanual de la precipitación con el escenario B2 se muestran en el gráfico 3 y los del escenario A2 se muestran en el gráfico 4. En el período 1980 a 2000, la temporada de lluvia de toda Centroamérica comprendía desde mayo hasta octubre, alcanzando un mayor nivel en septiembre y octubre y un comportamiento bimodal no muy marcado con la canícula en julio y agosto. En el escenario B2 con horizonte al corte 2020, los niveles aumentarían relativo al período histórico en los meses de mayo a julio, con un máximo en junio. Después se disminuiría progresivamente hasta agosto, y la lluvia sería de un nivel menor hasta diciembre respecto al período histórico. Así, la forma de la temporada lluviosa sería más de tipo unimodal hacia 2050, predominando la lluvia entre mayo y julio. Para el corte 2100, la precipitación del primer período de la temporada lluviosa sería menor que la que habría en los cortes entre 2020 a 2050, con el máximo nivel anual de en mayo. Seguirían una progresiva reducción hasta agosto (breve período de canícula), una leve recuperación en septiembre y una continuación de la reducción hasta finales del año. En el escenario A2 en Centroamérica las próximas dos décadas podrían traer mayor precipitación en junio y julio, una canícula bien marcada y el segundo período de septiembre a octubre tendría mayor precipitación acentuándose el patrón bimodal. Posteriormente, se perdería este patrón: se reduciría la precipitación durante casi toda la temporada, pero especialmente durante el primer período de mayo a agosto, resultando en un patrón unimodal al corte 2100; la precipitación iniciaría en mayo de forma reducida, aumentándose paulatinamente hasta un máximo en octubre para después terminar la temporada en noviembre.

En Belice la temporada de lluvia comenzaba en junio y se mantenía relativamente estable hasta octubre con una ligera tendencia bimodal en el período histórico. En el escenario B2 con horizonte al corte 2020, la temporada de lluvia se adelantaría y habría mayor precipitación de abril a junio, pero los niveles de julio a diciembre serían menores que los del período histórico. El mes de máxima precipitación sería junio y se daría un patrón más de tipo unimodal. Hacia el 2050 el nivel máximo seguiría siendo junio pero se daría una canícula en agosto. Para el corte 2100, la precipitación máxima sería en mayo y junio, reduciéndose hasta agosto, con una leve recuperación en septiembre antes de irse disminuyendo. En el escenario A2, la precipitación se volvería bimodal con un menor nivel de lluvia que en el período histórico de abril a agosto, con una canícula en agosto, y un mayor nivel de septiembre a diciembre. En los cortes sucesivos la precipitación de abril a agosto seguiría disminuyendo. Hacia el corte 2100 se hubiera perdido la forma bimodal, ya que el nivel de lluvia de abril a julio sería menor incluso que el de enero a marzo; la temporada de lluvia iniciaría en agosto y terminaría en marzo.

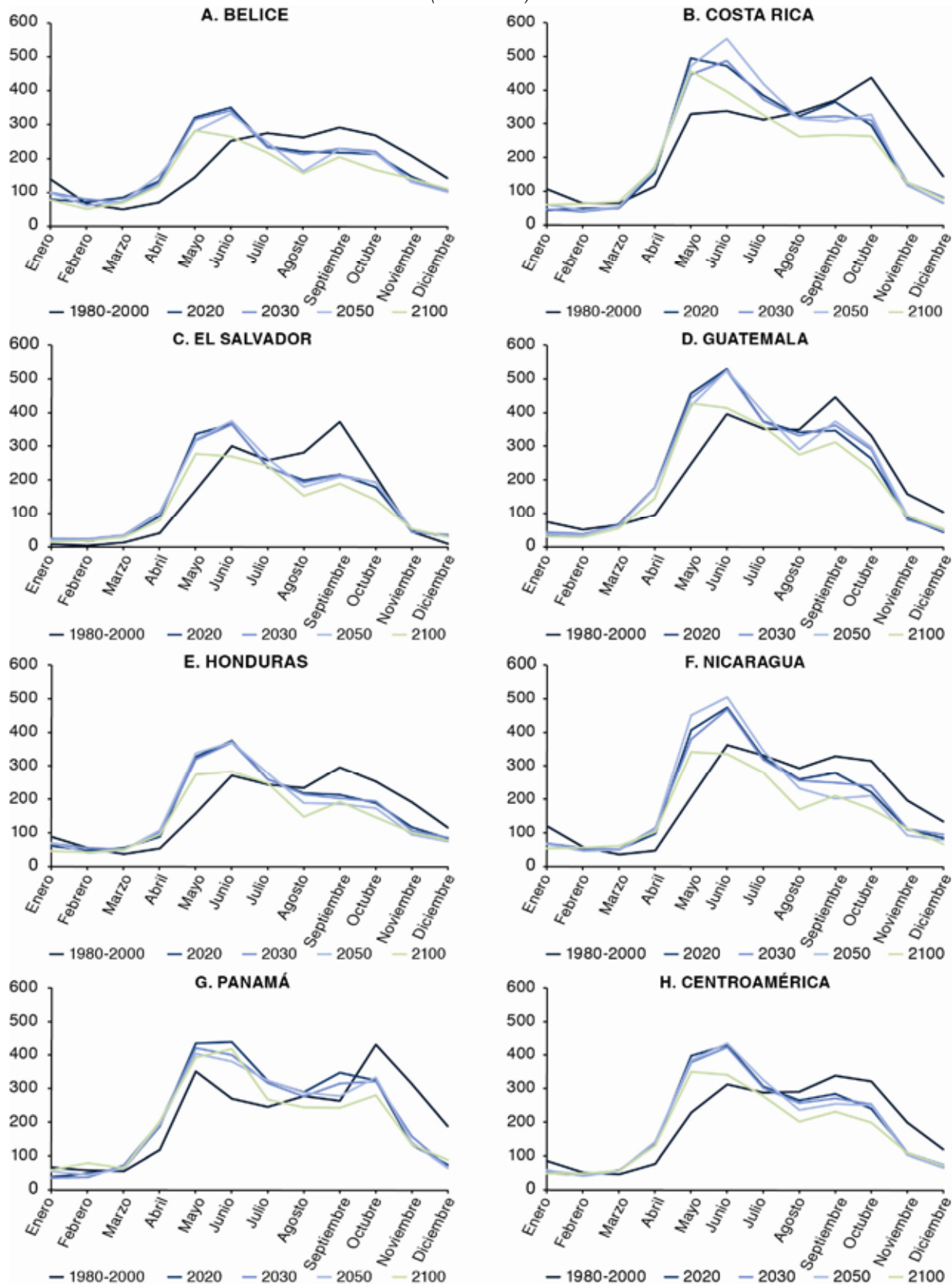
En Costa Rica, en el período de 1980 a 2000, la temporada de lluvias comenzaba en mayo y aumentaba hacia octubre con el nivel máximo en todo el año. En el escenario B2 al corte 2020 el nivel de lluvia sería mayor desde abril hasta julio con un nivel máximo en mayo. A continuación se disminuiría hasta agosto, seguido por un leve aumento hasta octubre y una disminución hasta diciembre; con niveles menores en el segundo semestre respecto a los del período histórico. Hacia 2050 el nivel de precipitación de junio aumentaría respecto a 2020 y sería el mes con mayor lluvia. Al final del siglo, la precipitación tendría un máximo en mayo y un patrón unimodal. En el escenario A2 entre los cortes del 2020 al 2050 el comportamiento de la precipitación se volvería marcadamente bimodal con máximos de precipitación mayores a los históricos, especialmente en junio, y una canícula en agosto. En la segunda mitad del siglo, la precipitación regresaría a su patrón histórico del período 1980 a 2000, pero con niveles inferiores en casi todos los meses, y un inicio más tardío de la temporada de lluvia.

En El Salvador, Guatemala y Honduras, en el período de 1980 a 2000, la lluvia mostraba un comportamiento bimodal con dos períodos de altas lluvias en junio y septiembre y una canícula en julio y agosto. Guatemala tenía mayor precipitación en todo el año seguido por El Salvador. En el escenario B2 al corte de 2020, el inicio de las lluvias podría adelantarse un mes y la lluvia sería más copiosa entre abril y julio con un máximo anual en junio. Este cambio se mantendría hasta casi el final del siglo cuando regresaría a los niveles históricos. Al mismo tiempo, el segundo período de lluvia con su máximo anual histórico entre septiembre y octubre se perdería en las próximas décadas, haciendo menos evidente la canícula y casi perdiendo el patrón bimodal. Con el A2 en los tres países aumentaría la lluvia del primer período en junio y se acentuaría la canícula en julio y agosto en las próximas décadas. Al mismo tiempo, en Guatemala y Honduras el máximo de precipitación en el segundo período entre octubre y noviembre aumentaría respecto al período 1980 a 2000. Posteriormente se reduciría sustancialmente la precipitación en el primer período de abril a julio. Hacia el corte 2100, la forma bimodal se habría perdido progresivamente por disminución de la lluvia en el primer período y en los tres países la precipitación de octubre sería el máximo de todo el año.

En Nicaragua, en el período de 1980 a 2000, las lluvias comenzaban en mayo con un nivel máximo en junio, disminuían en agosto con la canícula y aumentaban ligeramente en septiembre y octubre cuando terminaba la temporada, es decir tenía un patrón bimodal. En las décadas hasta el corte a la década 2050, en el escenario B2, habría un aumento de la precipitación desde el mes de abril hasta junio y una reducción progresiva entre agosto y noviembre respecto del período histórico. Así, el período de lluvias tendería a una forma unimodal. Hacia el corte 2100 la precipitación de mayo a junio volvería a su nivel histórico y durante el resto del año habría significativamente menos precipitación con una canícula en agosto y aumentando ligeramente en septiembre. En el escenario A2, en las próximas dos décadas se haría más marcado el patrón bimodal de la precipitación con dos niveles de lluvia máxima en junio y octubre, y una canícula en agosto. Hacia el corte 2050 se retrasaría el inicio de la temporada y la precipitación de mayo a julio tendería a disminuir. Para el corte 2100 la precipitación sería menor en todo el año respecto del período histórico, el patrón sería sobre todo unimodal, teniendo octubre como mes de máxima lluvia.

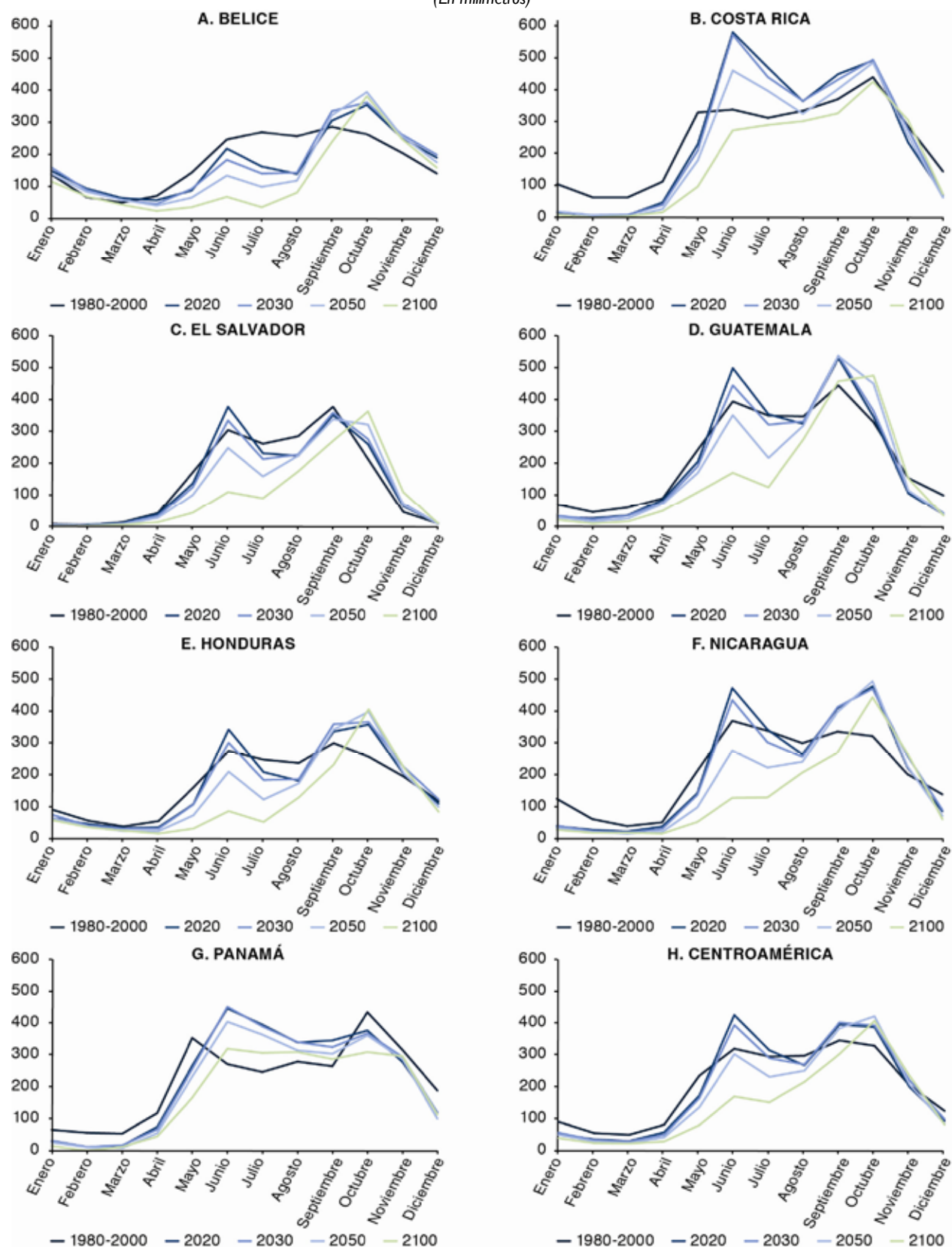
En Panamá en el período 1980 a 2000 la temporada de precipitación era de mayo a noviembre con máximos en mayo y otro aun mayor de octubre a noviembre. Para el corte 2020 se podría adelantar el inicio de la temporada de lluvia con mayor volumen de abril a septiembre y un máximo durante mayo y junio. No obstante, podría haber una disminución de lluvia entre octubre y diciembre. Hacia el corte 2050 podría darse una ligera disminución entre mayo y septiembre.

GRÁFICO 3
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL, ESCENARIO B2, PROMEDIO 1980-2000, A 2100
 (En milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 4
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL, ESCENARIO A2, PROMEDIO 1980-2000 A 2100
 (En milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

Durante la segunda mitad del siglo este proceso continuaría; se reduciría más la lluvia de julio a octubre y entre marzo a julio aumentaría para ser junio el mes de máxima precipitación. Bajo el escenario A2 en las siguientes décadas los meses de menos lluvia de enero a abril serían aun más secos. La temporada iniciaría en abril o mayo, con un primer período de precipitación mayor que la históricamente vista y junio sería el mes de mayor nivel. Durante los meses siguientes la precipitación se mantendría a niveles mayores que lo histórico con excepción de octubre y noviembre. Estos aumentos de precipitación evidentes en el corte 2020 se irían reduciendo en el resto del siglo. Hacia el corte 2100, la temporada iniciaría en junio y mantendría un nivel de lluvia relativamente estable hasta noviembre; de diciembre a mayo podría haber menos lluvia en relación del período histórico.

2. ESCENARIOS DEL PATRÓN INTRAANUAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN CON CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL DE DEPARTAMENTOS Y REGIONES GEOCLIMÁTICAS

Con la finalidad de apoyar el diseño de medidas de adaptación en regiones específicas de los países, se presenta este análisis georeferenciado y desagregado a nivel de departamento y región geoclimática. Se utilizaron los escenarios de temperatura y precipitación B2 y A2, con un promedio de los modelos ECHAM4 y HADCM3 para B2, y ECHAM4 y HADGEM para A2 para el análisis regional y departamental. Los resultados se presentan por años de corte referidos al promedio de un período de diez años (cinco años antes y cinco después del año referido). Los pronósticos toman como año base el promedio del período 1950 a 2000 (histórico) de la base de datos de WorldClim.

De acuerdo con las estimaciones presentadas, se esperaría que, en general, la temperatura aumente y la precipitación varíe con tendencia a disminuir en la mayor parte de Centroamérica. Los cambios extremos ocurren en el escenario A2. Sin embargo, es importante considerar que el cambio climático podría también modificar los patrones intraanuales de temperatura y precipitación. Lo anterior resulta importante ya que estos patrones determinan en gran medida los períodos agrícolas de siembra y cosecha. Además, ciertos cambios, como la mayor concentración de la precipitación, complican el manejo del agua y del riego, la prevención de la erosión hídrica y la agricultura de secano. Considerando lo anterior, en esta sección se exploran los posibles cambios de estos patrones intraanuales con diferentes cortes temporales por departamento y región geoclimática.

PATRÓN INTRAANUAL HISTÓRICO DE TEMPERATURA A NIVEL DE DEPARTAMENTO Y REGIONES GEOCLIMÁTICAS

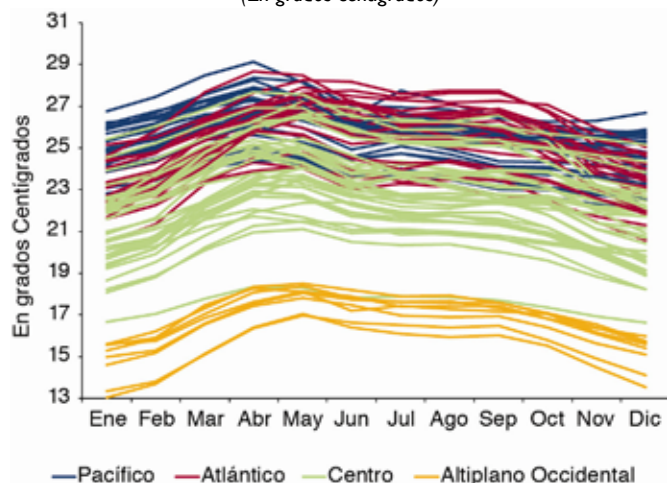
Centroamérica presenta distintos niveles de temperatura debido a factores como la altura sobre el nivel del mar, la latitud, la proximidad de masas de agua, entre otros. Por tanto, se vuelve útil contar no solamente con un análisis por país, sino por departamento y por región geoclimática de cada país y a nivel centroamericano. Los gráficos 5 y 6 muestran la temperatura media mensual del período 1950 a 2000 de la base del Worldclim de cada departamento de acuerdo a la región geoclimática correspondiente. También en el cuadro 1, se resume esta información de forma numérica. En general se aprecia que la región experimenta un rango de temperaturas mínimas entre 13 °C y 27 °C con máximas entre 17 y 29 °C. La temperatura anual promedio de la región

Pacífico en el período 1950 a 2000 fue 25,5 °C; 25,0 °C en la región Atlántico; 22,7 °C en la región Centro y 16,5 °C en el Altiplano Occidental guatemalteco. Las regiones Atlántico y Pacífico presentan temperaturas más altas y experimentan rangos similares. La región Centro presenta mayores variaciones y el Altiplano Occidental guatemalteco las temperaturas más bajas.

La región Pacífico presenta las temperaturas más elevadas y alcanza su punto máximo en abril con un promedio de 26,8 °C. Ésta disminuye posteriormente para volver a aumentar en julio a un nivel promedio de 25,7 °C. A finales de año desciende a un promedio de 24,6 °C. En la región Atlántico la temperatura es levemente menor con dos características importantes: a principios de año la temperatura aumenta hasta alcanzar su punto máximo en mayo, manteniéndose estable en un nivel promedio de 26,0 °C hasta septiembre, para luego disminuir a niveles promedio de 23,2 °C en diciembre y enero. Es decir, mientras la costa del Pacífico alcanza temperaturas más elevadas, la temporada de calor en la región Atlántico es más prolongada, aunque con niveles de temperatura ligeramente inferiores. Considerando la desviación estándar de las temperaturas por períodos, se puede apreciar que la variabilidad en las regiones Pacífico y Atlántico no es mucha, con una desviación promedio de 1,2 °C con respecto a la media.

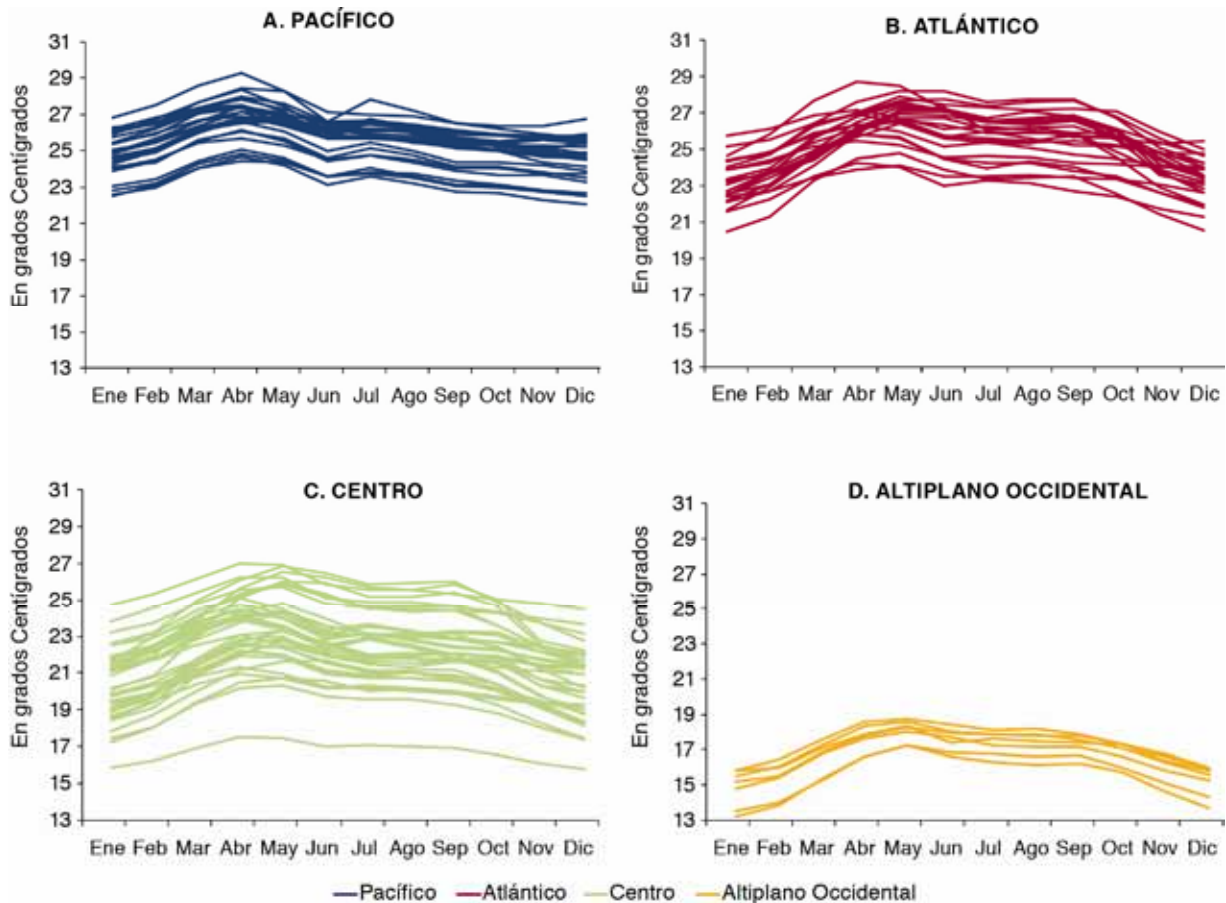
La región Centro presenta temperaturas variables en el rango de los 21,0 °C a los 24,0 °C en promedio. En general, su comportamiento es menos definido, con departamentos donde se asemeja a los de la región Pacífico y otros con características del área del Atlántico. La temperatura media es 24,1 °C en abril, mientras que en el período mayo a septiembre es 23,3 °C; en los meses de diciembre y enero disminuye a un promedio de 21,2 °C. Aunque los niveles promedio son más bajos en esta región geoclimática, se puede apreciar gran variabilidad, con desviación promedio de 1,9 °C respecto a la media. La región Altiplano Occidental guatemalteco presenta las menores temperaturas promedio. En el mes más caluroso (mayo), ese observa un valor de 17,9 °C, mientras que en el período de junio a septiembre disminuye ligeramente a un promedio de 17,2 °C. Las temperaturas más bajas en esta región geoclimática se alcanzan durante los meses de diciembre y enero con un promedio de 14,9 °C.

GRÁFICO 5
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR DEPARTAMENTO Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 6
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR DEPARTAMENTO Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950 – 2000
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

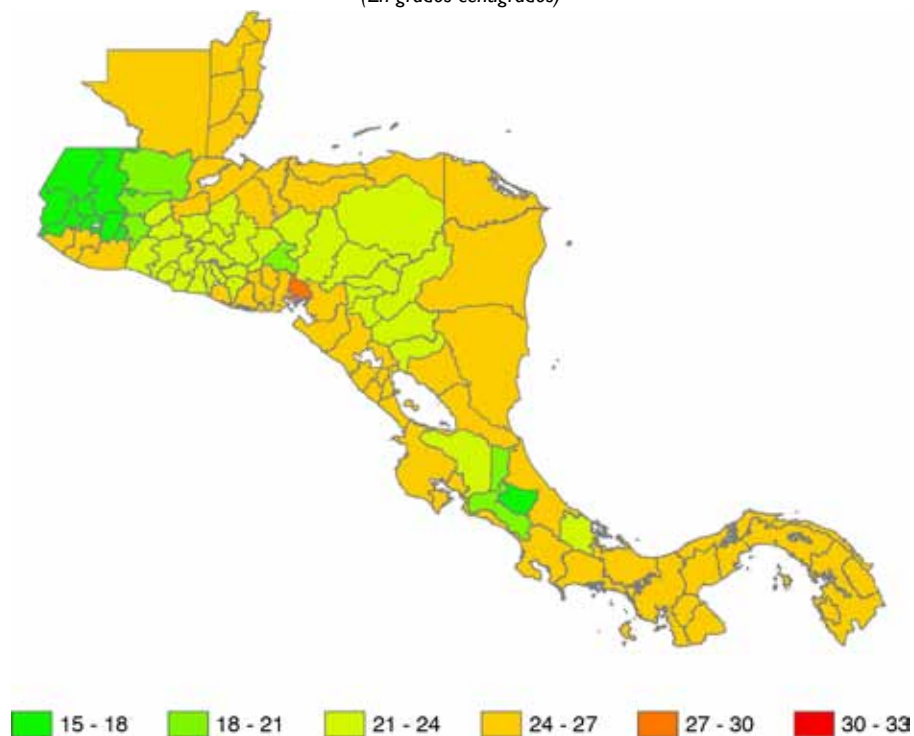
CUADRO I
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
(En grados Centígrados)

Región geoclimática	Promedio por período (°C)		
	Abr.	Jul.	Dic.-Ene.
Pacífico	26,8 (1,2)	25,7 (1,0)	24,6 (1,2)
	May.-Sep.	-	Dic.-Ene.
Atlántico	26,0 (1,3)	-	23,2 (1,2)
		-	
Centro	24,1 (1,9)	23,3 (1,9)	21,2 (1,9)
Altiplano Occidental	17,9 (0,5)	17,2 (0,6)	14,9 (0,9)
	May.	Jun.-Sep.	Dic.-Ene.

Nota: Los números entre paréntesis representan la desviación estándar. Los promedios corresponden a los departamentos de cada región geoclimática.
Fuente: Elaboración propia.

En el mapa 1 se muestra la representación espacial de la temperatura media de los departamentos durante el período de referencia. Se aprecia que la mayor parte de los departamentos de las regiones Pacífico y Atlántico tienen una temperatura media anual entre 24 °C y 27 °C. En la mayor parte de la costa de El Salvador el rango es 21 a 24 °C; en el sureste es 18 °C a 21 °C y en los Departamentos de La Paz y Usulután es 24 °C a 27 °C. El departamento Valle de Honduras es el único en tener una temperatura promedio en el rango de 27 °C a 30 °C.

MAPA I
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR DEPARTAMENTO, PROMEDIO 1950–2000
(En grados centígrados)



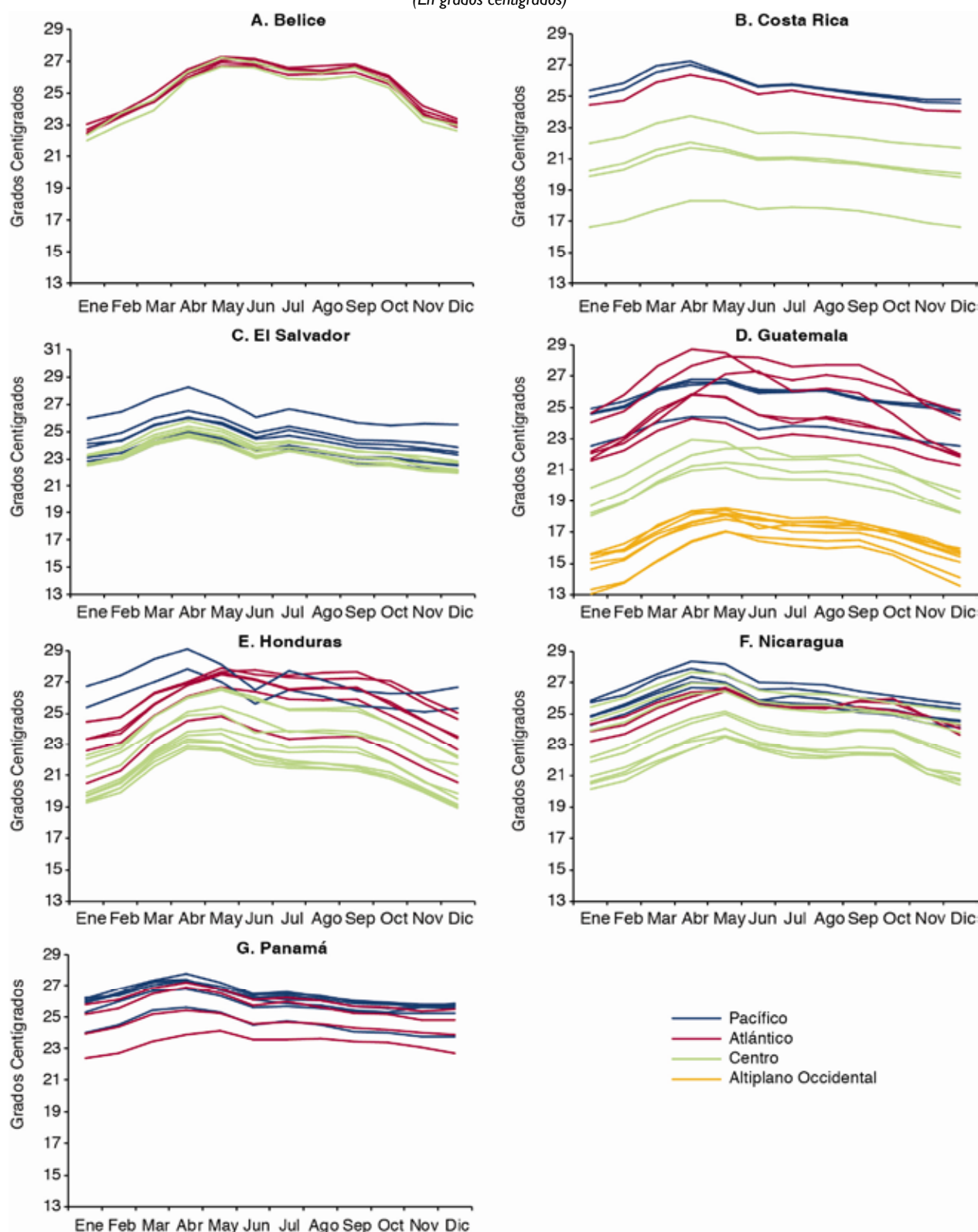
Fuente: Elaboración propia.

La región Centro presenta temperaturas muy variadas. En El Salvador, Honduras y Nicaragua, esta región presenta temperaturas relativamente estables con una media entre 21 °C y 24 °C, mientras que en Guatemala y Costa Rica son más variables. La región Altiplano Occidental guatemalteco presenta las temperaturas más bajas en un rango entre 15 °C y 18 °C. La región del Valle Central de Costa Rica ⁴ también presenta temperaturas bajas, entre 15 °C y 21 °C, donde la Provincia de Cartago presenta las temperaturas más bajas en el rango de 15 °C a 18 °C. Como se puede apreciar, la temperatura evoluciona en forma diferente dentro y entre los países, incluso en una misma región geoclimática. En Costa Rica, Honduras y Nicaragua encontramos tres regiones geoclimáticas, mientras que Belice, El Salvador y Panamá presentan solo dos, y en Guatemala se identifica una cuarta, Altiplano Occidental.

En el gráfico 7 se observa el comportamiento de la temperatura media mensual por departamento para el promedio del período 1950 a 2000, ordenado por las regiones geoclimáticas en cada país.

⁴ Comprende las Provincias de San José, Cartago y Heredia.

GRÁFICO 7
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR PAÍS, DEPARTAMENTO Y REGIÓN
GEOCLIMÁTICA, PROMEDIO 1950 – 2000
 (En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, Costa Rica, Guatemala, Honduras y, en menor grado, Nicaragua experimentan mayores rangos, beneficiando de la variación entre las tres regiones geoclimáticas. En Belice, El Salvador y Panamá el comportamiento en todo su territorio es más homogéneo. El departamento con mayor promedio en la región es Valle en Honduras, región Pacífico (27,3 °C), mientras que el de temperatura menor es el Departamento de Totonicapán en Guatemala, región Altiplano Occidental (15,3 °C). Los departamentos pertenecientes a Belice y El Salvador muestran poca variación. En el cuadro 2 se resume la información por país y región geoclimática.

En general, la región Pacífico ha tenido las temperaturas más elevadas durante el período 1950 a 2000, seguida en orden descendiente de las regiones Atlántico, Centro y Altiplano Occidental guatemalteco. Las regiones costeras y el Altiplano Occidental guatemalteco se caracterizan por temperaturas más homogéneas, con una variabilidad ligeramente mayor en la región Pacífico. La región Centro presenta los climas más variados, específicamente en Costa Rica y Nicaragua, lo cual se debe, en parte, a la orografía característica de Centroamérica. Este comportamiento regional se resume en el gráfico 8, que muestra la temperatura media mensual en el período 1950 a 2000 por región.

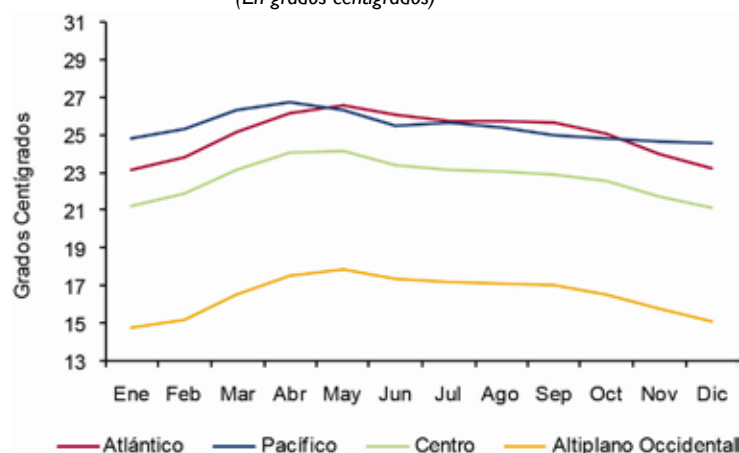
CUADRO 2
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR PAÍS Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
(En grados Centígrados)

País	Región geoclimática (°C)			
	Pacífico	Atlántico	Centro	Altiplano Occidental ¹
Belice	-	25,3 (0,2)	25,0 (0,2)	-
Costa Rica	25,6 (0,1)	25,0 -	20,4 (1,8)	-
El Salvador	24,4 (1,0)	-	23,5 (0,3)	-
Guatemala	25,1 (1,1)	24,7 (1,6)	20,5 (0,6)	16,5 (0,7)
Honduras	25,3 (1,3)	26,7 (0,6)	22,4 (1,3)	-
Nicaragua	26,1 (0,6)	25,2 (0,1)	23,8 (1,6)	-
Panamá	26,0 (0,6)	24,5 (1,2)	-	-
Centroamérica	25,4 (1,2)	25,3 (1,0)	22,7 (1,9)	16,5 (0,7)

Nota: Los números entre paréntesis representan la desviación estándar. Los promedios corresponden a los departamentos de cada región geoclimática.

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 8
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
 (En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

PATRON INTRAANUAL HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN A NIVEL DE DEPARTAMENTOS Y REGIONES GEOCLIMÁTICAS

Aun más que en la temperatura, los niveles y patrones de precipitación están condicionados a una serie de factores como la latitud, las corrientes atmosféricas y oceánicas globales y de mesoescala como El Niño-Oscilación Sur (ENOS), la proximidad a una fuente de humedad como el océano, la estación del año, la presencia de barreras orográficas y la condición de la superficie. El objetivo de esta sección es evidenciar las diferencias entre los 95 departamentos y las cuatro regiones geoclimáticas de Centroamérica en los niveles de precipitación así como las distintas características de sus patrones intraanuales.

Los gráficos 9 y 10 muestran la precipitación mensual promedio de cada departamento en las regiones geoclimáticas en el período 1950 a 2000. En general se aprecia una gran variabilidad dentro y entre las regiones geoclimáticas. No obstante, es posible identificar algunos patrones. La precipitación en los departamentos con costa al Pacífico tiene una temporada y patrón bimodal común, aunque con diferentes niveles de lluvia. A principios de año, los niveles son muy bajos, pero se incrementan en forma considerable durante mayo, hasta alcanzar un máximo en junio y disminuir ligeramente durante julio y agosto, para volver a aumentar en septiembre y octubre, alcanzando un nuevo punto máximo, generalmente mayor que el de junio. Al período entre julio y agosto, cuando el nivel de precipitación disminuye, se le conoce como canícula, fenómeno a menudo asociado a altas temperaturas. Durante octubre y noviembre, la precipitación disminuye a niveles muy bajos que se prolongan hasta marzo del siguiente año.

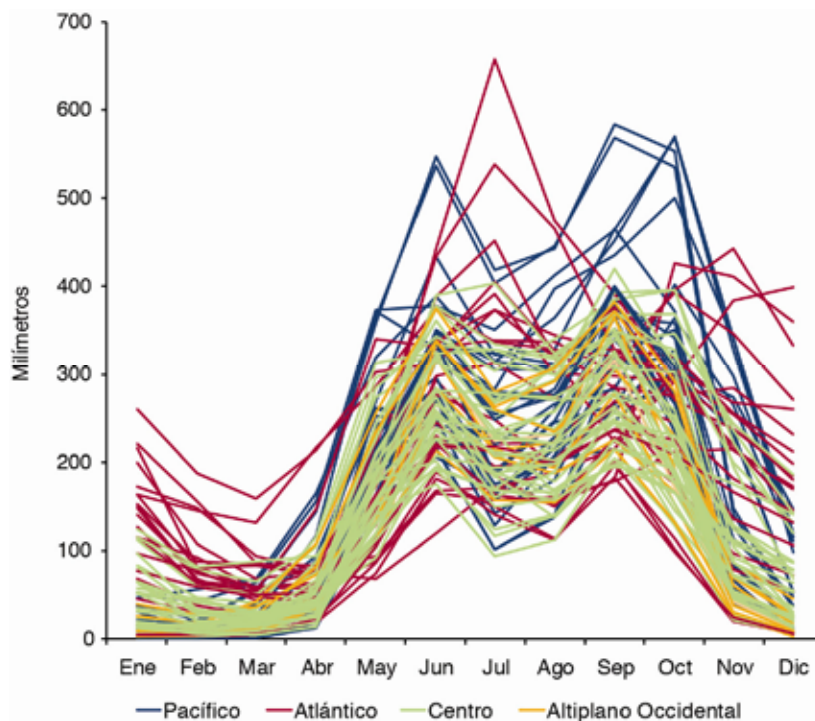
La precipitación en los departamentos con costa al Atlántico alcanza niveles más elevados que en los del Pacífico a lo largo del año, y existen departamentos con lluvia todos los meses del año. No obstante, experimenta una gran variedad de patrones intraanuales. Como promedio, a partir del punto mínimo en abril, la precipitación aumenta hasta alcanzar su punto máximo anual en julio, para disminuir en agosto y septiembre. En octubre aumenta ligeramente en algunos

departamentos, aunque a niveles menores que los de julio, para disminuir en diciembre y enero y alcanzar su punto mínimo en abril.

La precipitación en la región Centro presenta un comportamiento bimodal, el cual alcanza un primer nivel máximo en junio; en julio y agosto disminuye ligeramente para aumentar de nuevo en septiembre a niveles similares a los de junio. A partir de septiembre, disminuye hasta alcanzar su punto mínimo en febrero y marzo.

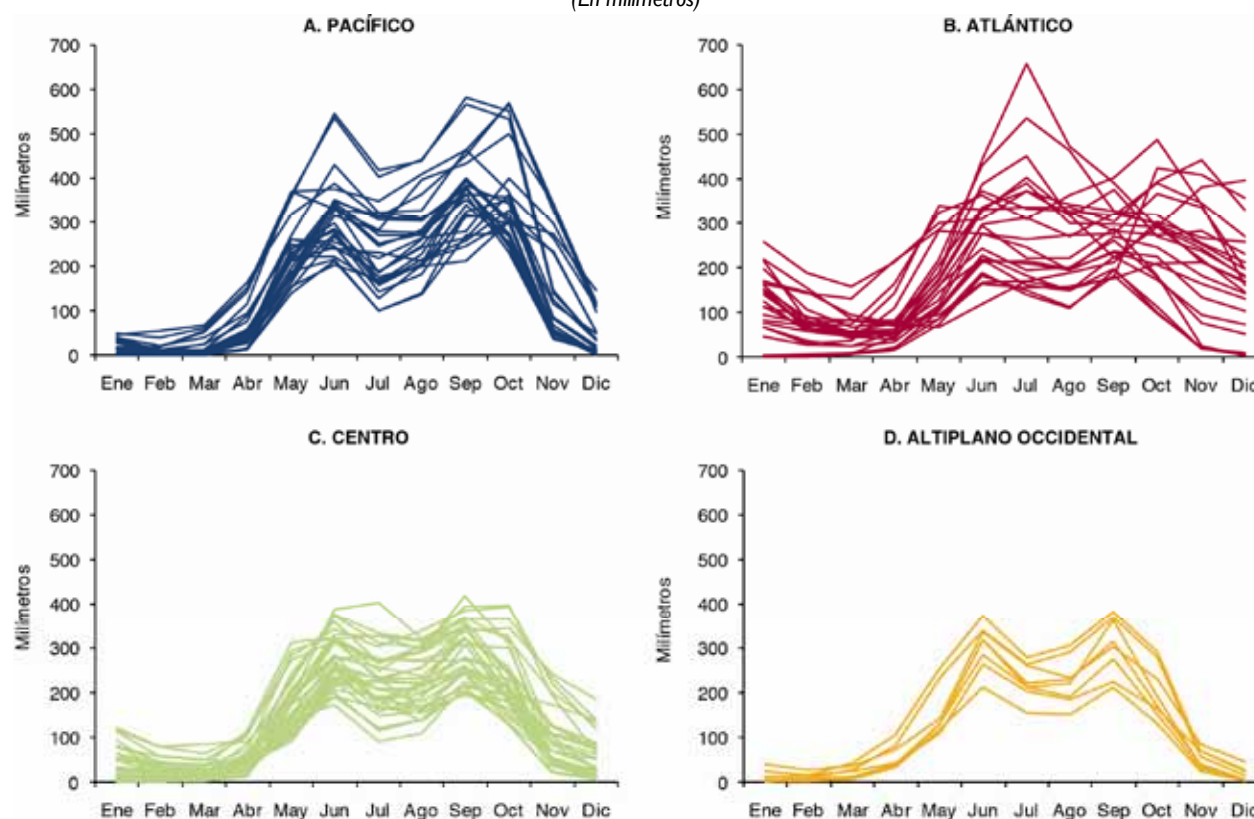
En la región Altiplano Occidental guatemalteco, el patrón intraanual de precipitación es similar al de la región Centro, con algunas diferencias, como los niveles promedio durante diciembre, enero y febrero son generalmente los más bajos del año, menores que los de la región Centro. A partir de marzo, los niveles mensuales aumentan hasta su máximo en junio. También se aprecia una disminución durante la canícula (julio y agosto), para aumentar en septiembre a niveles máximos similares a los de junio. La precipitación disminuye en noviembre y diciembre y se mantiene en niveles bajos hasta febrero o marzo.

GRÁFICO 9
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR DEPARTAMENTO Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
(En milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 10
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR DEPARTAMENTO Y POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950–2000
 (En milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

Los promedios de precipitación en las regiones geoclimáticas en los cuatro períodos del año se resumen en el cuadro 3. Al buscar los períodos de menor precipitación de las cuatro regiones geoclimáticas se observa que las del Pacífico y Altiplano Occidental guatemalteco presentan promedios de 15,7 y 15,8 mm mensuales entre enero y marzo. La región Atlántico es la que presenta mayor precipitación durante la temporada seca, con un nivel promedio de 73 mm en abril. Esta región geoclimática presenta la mayor variabilidad durante este período, con una desviación estándar de 53,1 mm y en la región Pacífico la desviación estándar de la precipitación es de 14,6 mm es cercana a su valor medio (15,7 mm).

El primer período de precipitaciones intensas en Centroamérica ocurre en junio o julio, dependiendo de la región geoclimática. Durante junio, la región Pacífico presenta mayores niveles promedio, alrededor de 317 mm, mientras que la región Centro presenta los menores, alrededor de 274 mm. En la región Atlántico hay precipitaciones intensas en julio, las cuales alcanzan niveles de 291 mm. como promedio pero con la mayor variabilidad en este período. En los meses de julio y agosto ocurre el fenómeno de la canícula en las regiones Pacífico, Centro y Altiplano Occidental guatemalteco. Los niveles de precipitación disminuyen a 255 mm en la primera región, a 225 mm en la segunda y a 227 mm en la tercera. Proporcionalmente, la disminución es mayor en esta última.

En las regiones Pacífico, Centro y Altiplano Occidental guatemalteco ocurre un segundo período de precipitaciones en septiembre y octubre, dependiendo de la región geoclimática. Los niveles de precipitación en la región Pacífico alcanzan valores promedio de 360 mm en septiembre y

octubre, que son mayores que los de junio. En la región Centro el fenómeno se presenta en septiembre, cuando la precipitación alcanza niveles promedio de 290 mm, superior a los del primer período (274,9 mm). En la región Altiplano Occidental guatemalteco este segundo período de precipitación también ocurre en septiembre y alcanza niveles promedio de 307 mm. En la región Atlántico no se observa claramente un segundo período de alza de precipitación, el cual disminuye una vez pasado el período de lluvias intensas de julio, para estabilizarse a finales de año en un nivel promedio elevado, alrededor de 205 mm en noviembre.

CUADRO 3
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
(En milímetros)

Región geoclimática	Promedio por período (mm)			
	Baja	1er. período	Canícula	2do. período
	Ene.–Mar.	Jun.	Jul.–Ago.	Sep.–Oct.
Pacífico	15,7	317,2	255,0	359,8
	(14,6)	(86,9)	(84,4)	(86,8)
	Abr.	Jul.	-	Nov.
Atlántico	73,0	291,1	-	205,2
	(53,1)	(139,2)	-	(126,5)
	Feb.–Mar.	Jun.	Jul.–Ago.	Sep.
Centro	23,0	274,1	225,4	291,9
	(19,1)	(57,7)	(64,2)	(63,6)
	Ene.–Mar.	Jun.	Jul.–Ago.	Sep.
Altiplano Occidental	15,8	306,6	227,2	307,2
	(10,7)	(50,5)	(44,9)	(65,1)

Nota: Los números entre paréntesis representan la desviación estándar. Los promedios corresponden a los departamentos de cada región geoclimática.

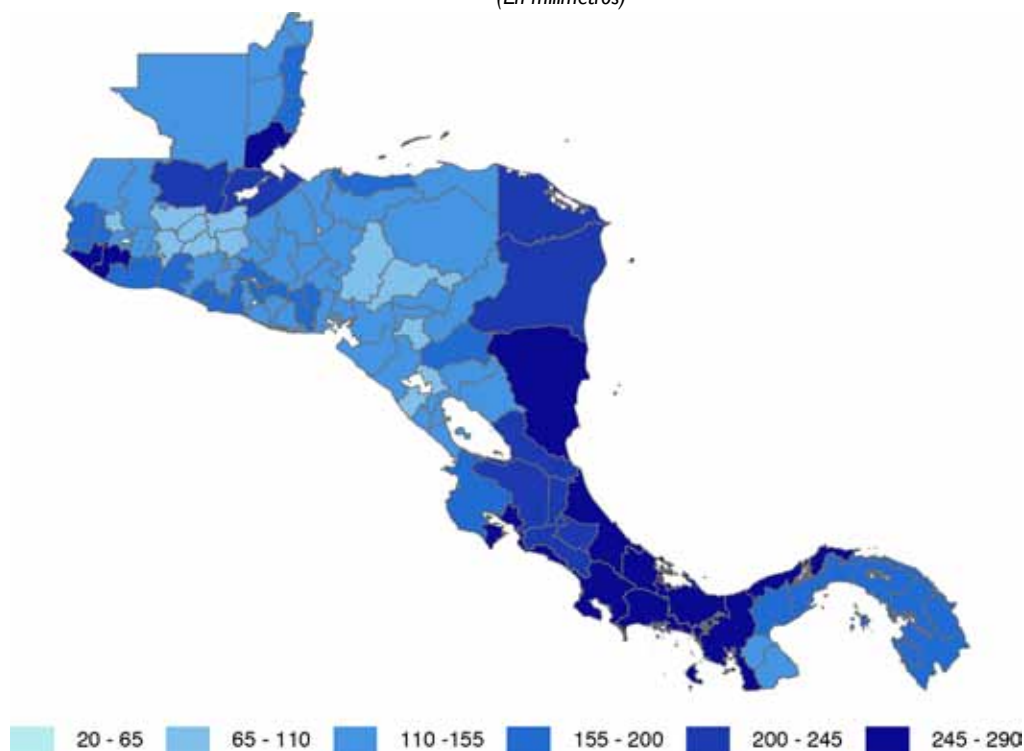
Fuente: Elaboración propia.

La precipitación media mensual en el período 1950 a 2000 fue 172 mm en la región Pacífico, 183 mm en la región Atlántico, 142 mm en la región Centro y 134 mm en el Altiplano Occidental guatemalteco. Como se puede observar, la región Atlántico presenta los mayores niveles; le siguen la región Pacífico, la región Centro y el Altiplano Occidental guatemalteco. Este comportamiento se puede apreciar en el mapa 2, que ilustra la distribución espacial de la precipitación media de los 95 departamentos durante el período 1950 a 2000.

En el mapa 2 se observa que la mayor parte de los departamentos de la región Atlántico presentan niveles de precipitación entre los 155 mm a los 290 mm mensuales promedio (los tres rangos más oscuros de azul), a excepción de los Departamentos de Cortés y Colón en la costa de Honduras, que presentan niveles inferiores. Los niveles en la costa del Pacífico son menores que los de la costa Atlántica, en un rango entre 110 mm y 200 mm, salvo algunos departamentos, cuyos niveles alcanzan rangos más elevados del rango de 245 mm a 290 mm (el rango de azul más oscuro). La región Centro presenta los menores niveles, de 65 mm a 155 mm, alcanzando pocas veces los 200 mm como en el Valle Central de Costa Rica. Los niveles de precipitación del Altiplano Occidental guatemalteco están en el rango de 110 mm–155 mm, con excepción del Departamento de San Marcos,

que alcanza un rango de 155 mm–200 mm, y el Departamento de Totonicapán, que presenta los menores niveles de esta región geoclimática en un rango entre 65 mm y 110 mm.

MAPA 2
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
PROMEDIO 1950–2000
(En milímetros)

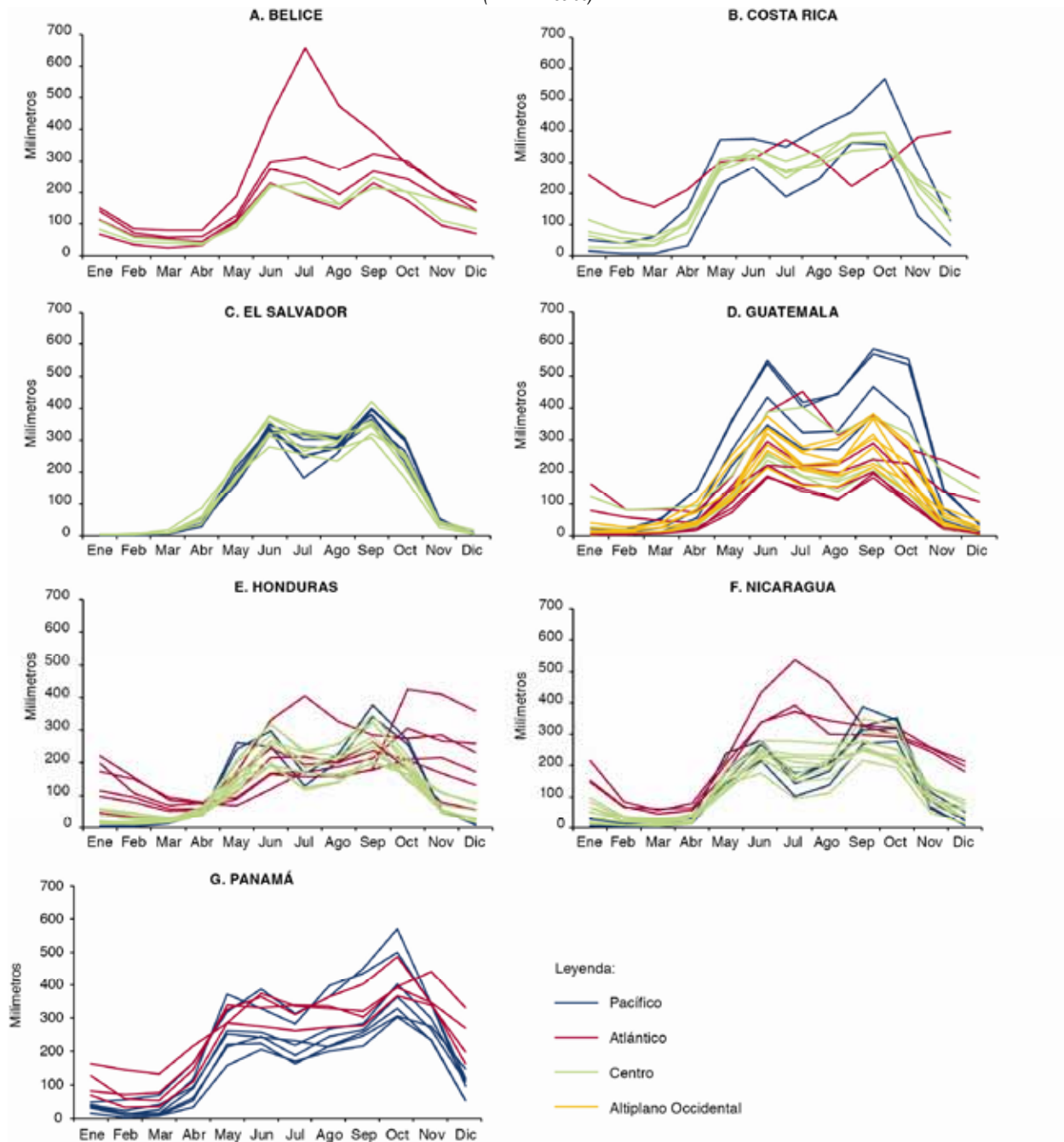


Fuente: Elaboración propia.

Como se puede apreciar, la precipitación ocurre en forma diferente dentro y entre los países. En el gráfico 11 se presenta el patrón intraanual de la precipitación acumulada mensual por departamento para el promedio del período 1950 a 2000, ordenado por las regiones geoclimáticas en cada país.

En Guatemala, Honduras y Nicaragua se pueden identificar patrones variados debido a que tienen diversas regiones geoclimáticas. Guatemala es el país con mayor variabilidad de precipitación (y temperatura también), de acuerdo con la desviación estándar de la precipitación mensual. En El Salvador el comportamiento es más homogéneo, pero la canícula es menos intensa en los departamentos con costa al Pacífico. La Provincia de Bocas del Toro en Panamá presenta los valores de precipitación mensual más elevados, 275,7 mm, mientras que el Departamento de Zacapa en Guatemala presenta el nivel promedio más bajo, 71,4 mm mensuales. Este último departamento también tiene la temperatura media más elevada de Guatemala, con un valor de 26,6 °C. Los distritos de Belice tienen un patrón bimodal con excepción del Distrito de Toledo donde se experimenta un patrón unimodal con una precipitación que alcanza un valor máximo de 656,6 mm durante julio. Entre enero y marzo, los Departamentos La Unión y Usulután en El Salvador, Los Santos en Panamá y Managua en Nicaragua presentan los niveles más bajos, alrededor de 1,0 mm mensuales; El primero se ubica en la región Centro y los tres restantes en la región Pacífico.

GRÁFICO II
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR PAÍS DEPARTAMENTO Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
(En milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 4 se resume el promedio y su desviación estándar de precipitación por país y región geoclimática. En general, la región Atlántico presenta los niveles de precipitación más elevados en el período 1950 a 2000, seguida por las regiones Pacífico, Centro y Altiplano Occidental guatemalteco. Respecto a la variación, las regiones Altiplano Occidental guatemalteco y Centro se caracterizan por niveles de precipitación más homogéneos. Las regiones Atlántico y Pacífico presentan la precipitación más variada en la región. Este comportamiento regional se

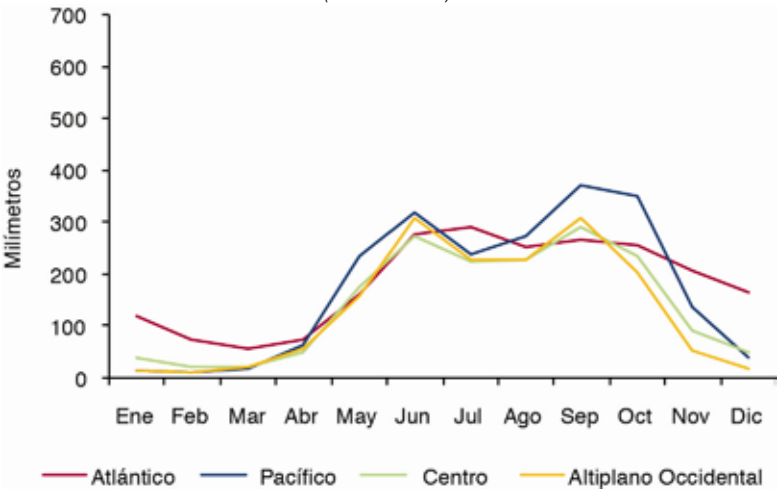
resume en el gráfico 12, que muestra la precipitación mensual promedio del período 1950 a 2000 para cada región geoclimática.

CUADRO 4
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL POR PAÍS Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
(En milímetros)

País	Región geoclimática (mm)			
	Pacífico	Atlántico	Centro	Altiplano Occidental ¹
Belice	-	185,9 (54,5)	134,6 (7,0)	- -
Costa Rica	216,8 (57,9)	284,6 -	214,4 (5,7)	- -
El Salvador	154,5 (3,9)	- -	154,8 (12,1)	- -
Guatemala	227,0 (57,5)	121,4 (61,9)	130,6 (55,2)	133,5 (30,3)
Honduras	135,9 (5,4)	170,8 (36,4)	122,1 (16,9)	
Nicaragua	125,9 (15,5)	233,4 (23,8)	129,0 (18,6)	
Panamá	189,1 (46,0)	271,1 (4,6)	- -	
Centroamérica	172,1 (50,5)	182,9 (68,3)	141,7 (36,6)	133,6 (30,3)

Nota: Los números entre paréntesis representan la desviación estándar. Los promedios corresponden a los departamentos de cada región geoclimática.
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 12
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
PROMEDIO 1950-2000
(En milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIOS DEL PATRÓN INTRAANUAL DE TEMPERATURA CON CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL DE DEPARTAMENTO Y REGIONES GEOCLIMÁTICAS

Este análisis del potencial impacto del cambio climático en la temperatura de los departamentos y regiones geoclimáticas de Centroamérica utilizó el promedio de los modelos ECHAM4 y HADCM3 para el escenario menos pesimista (B2) y ECHAM4 y HADGEM para el escenario más pesimista (A2). Para identificar las tendencias futuras con mayor claridad se calcularon promedios de diez años para cada año de corte: 2020 (promedio 2016 a 2025), 2030 (promedio 2026 a 2035), 2050 (promedio 2046 a 2055), 2070 (promedio 2066 a 2075) y 2100 (promedio 2091 a 2100). En la primera sección se presenta la evolución de la temperatura media anual desde el promedio histórico para cada uno de los cortes hasta 2100. Posteriormente, se hace un análisis gráfico de los patrones intraanuales por departamento y regiones geoclimáticas para el corte 2100 (promedio 2090-2100).

El mapa 3 muestra la evolución pronosticada de la temperatura media anual en el escenario B2 para los períodos 1950 a 2000, y los cortes a 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100. En el mapa 3 (A) se puede identificar la temperatura por regiones geoclimáticas en el período histórico. En general, en la región Centro de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua se observa un rango de temperaturas entre 21 °C y 24 °C, mientras que toda la costa del Atlántico y la mayor parte de la costa del Pacífico hasta Costa Rica y Panamá (con excepción de El Salvador) presentan temperaturas en el rango de 24 °C y 27 °C.

En el mapa 3 (A) también destacan los rangos más bajos de temperatura de Guatemala y Costa Rica. En Guatemala, a lo largo del Altiplano, en los Departamentos de Huehuetenango, San Marcos, Quetzaltenango, Totonicapán, Sololá, El Quiché, Chimaltenango y Sacatepéquez se presentan las temperaturas más bajas de la región, entre 15 °C y 18 °C, mientras que en los departamentos de Alta Verapaz, Baja Verapaz y Guatemala la temperatura varía entre 18 °C y 21 °C. Un caso similar se presenta en las Provincias de Cartago y San José en Costa Rica en el Valle Central de ese país. Mientras tanto, el departamento con mayor temperatura durante el período 1950 a 2000 en Centroamérica fue el de Valle en Honduras con un rango entre 27 °C y 30 °C.

De acuerdo al análisis realizado, Centroamérica experimentaría mayores temperaturas aun en las próximas décadas y con más severidad en A2. En el escenario B2, desde el corte 2020 ocho departamentos experimentarían el rango de 27 °C y 30 °C que se daba históricamente en Valle, Honduras; incluyendo Izabal y Zacapa en Guatemala, La Unión en El Salvador, Managua y Rivas en Nicaragua y Coclé y Darién, incluyendo las comarcas, en Panamá. Algunos departamentos de El Salvador y del Centro de Honduras subirían al rango de 24 °C y 27 °C, mientras los departamentos del Altiplano Occidental guatemalteco y la región central de Costa Rica seguirían con el rango de temperatura media más baja. Finalmente, la región Atlántico no muestra cambios importantes (véase mapa 3 (B)).

Hacia 2100 casi todos los departamentos de las costas del Pacífico y del Atlántico alcanzarían el rango de 27 °C a 30 °C con excepción de siete (la Provincia de Bocas del Toro en Panamá, Santa Rosa y Jutiapa en Guatemala y Ahuachapán, Sonsonate, La Libertad y San Vicente en El Salvador). Para la región Centro de Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua se estiman temperaturas entre 24 °C y 27 °C. Las regiones Altiplano Occidental de Guatemala y el Valle Central de Costa Rica serían las

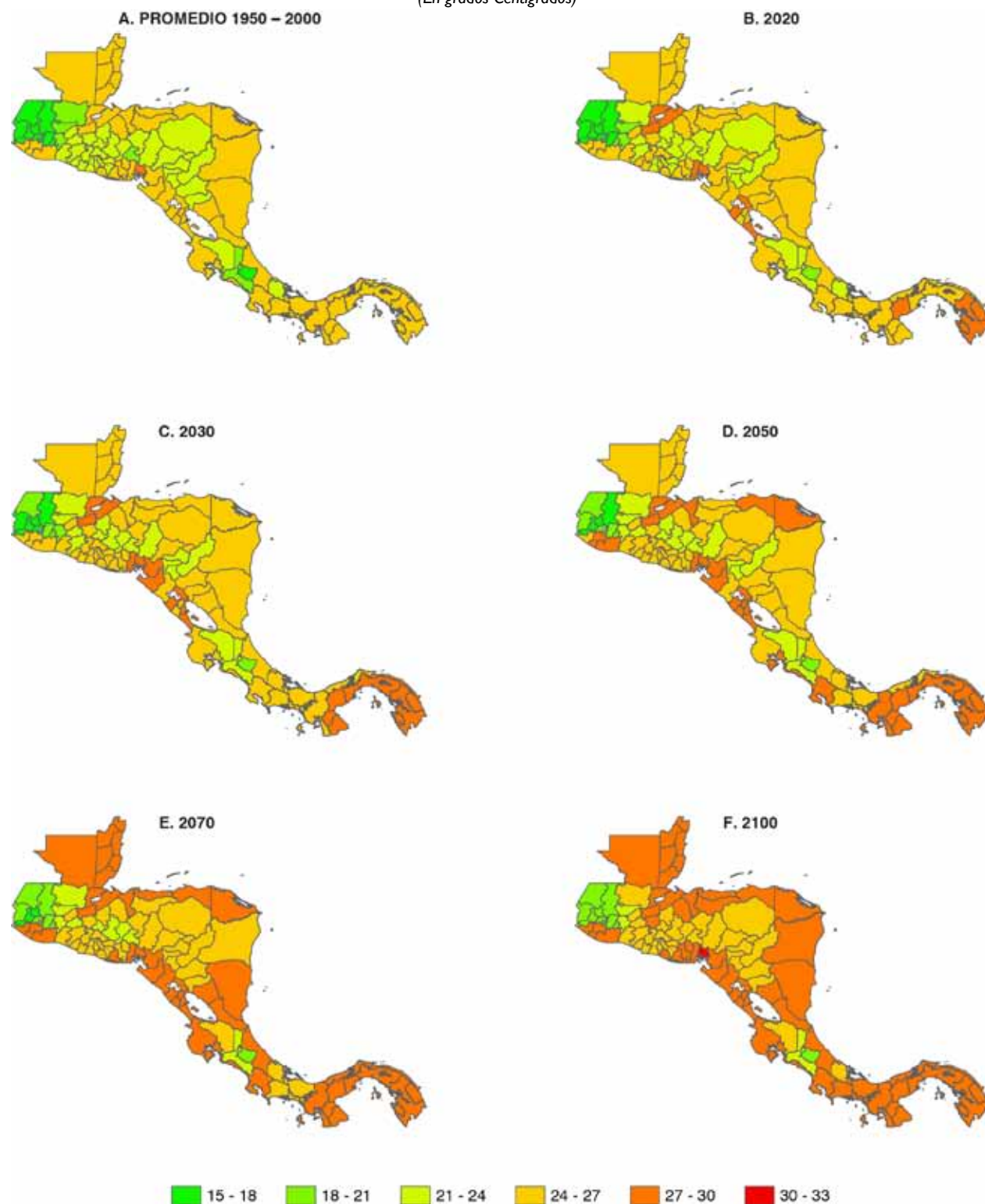
únicas en conservar temperaturas en un rango de 18 °C y 21 °C, mientras que el Departamento de Valle en Honduras, ya habría pasado al rango de 30 °C y 33 °C (véanse mapas 3 (F)).

Hacia el corte 2030 toda la región del Pacífico experimentaría temperaturas que van de los 24 °C a los 30 °C. Ya serían 15 departamentos en el rango de 27 °C a 30 °C, sumándose los departamentos de Choluteca en Honduras, Chinandega y Granada en Nicaragua y Panamá, Herrera, Los Santos y Kuna Yala en Panamá (véase mapa 3(C)). Ya en el corte 2050 más departamentos del Atlántico como Cortés, Colón y Gracias a Dios en Honduras comenzarían a presentar temperaturas de entre 27 °C y 30 °C al igual que en Escuintla y Suchitepéquez en Guatemala, Carazo y Masaya en Nicaragua, Puntarenas en Costa Rica y Veraguas en Panamá (véase mapa 3 (D)).

En el escenario A2 ocurriría el mismo proceso de calentamiento, pero los incrementos de temperatura serían mayores, como se muestra en el mapa 4, al corte de 2020. En el mapa 4 (B) se ilustra que ocho departamentos experimentarían el rango de 27 °C a 30 °C, incluyendo Valle e Islas de la Bahía, en Honduras, Izabal y Zacapa en Guatemala, La Unión en El Salvador y Managua, Granada y Rivas en Nicaragua. 56 departamentos pasarían al rango de temperatura de 24 °C a 27 °C, El Salvador y algunos departamentos como Boaco y Matagalpa en Nicaragua, El Paraíso en Honduras, y Chiquimula en Guatemala. Para el corte 2030, tres departamentos adicionales experimentarían el rango de 27 °C a 30 °C; Coclé y Darién en Panamá y Choluteca en Honduras. Cuatro departamentos subirían al rango de 24 °C a 27 °C: San Vicente en El Salvador, Olancho y Comayagua en Honduras y Bocas del Toro en Panamá (véase mapa 4 (C)). Para el corte 2050, ya sería más notable el calentamiento acelerado en ambas costas, especialmente en Nicaragua y Panamá. 33 departamentos experimentarían temperaturas entre 27 °C y 30 °C y 43 entre 24 °C y 27 °C. Para ese mismo corte los departamentos con las más bajas temperaturas (15 °C y 18 °C) serían Quetzaltenango y Totonicapán en el Altiplano Occidental guatemalteco, seguidos por Huehuetenango, San Marcos, Quiché, Chimaltenango, Sololá y Sacatepéquez en la región del Altiplano Occidental guatemalteco y Cartago en Costa Rica con temperaturas entre 18 °C y 21 °C (véase mapa 4 (D)). Para el corte 2070, 50 departamentos experimentarían temperaturas entre 27 °C y 30 °C y 31 entre 24 °C y 27 °C. El departamento Valle de Honduras hubiera subido al rango de 30 °C a 33 °C.

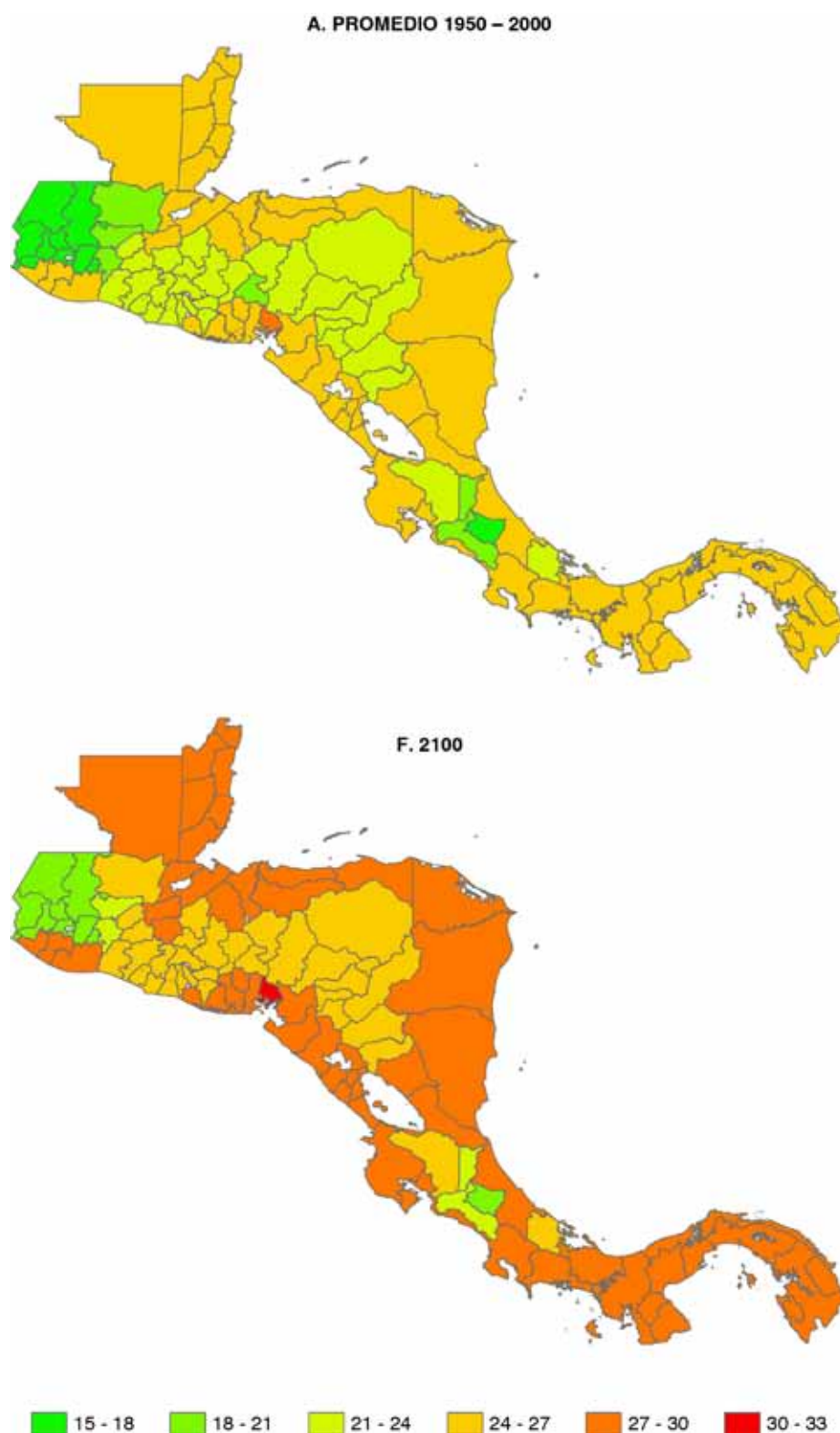
Ya con el corte de 2100, gran parte de los departamentos (57) experimentarían el rango de 27 °C y 30 °C, incluyendo la totalidad de ambas costas con excepción de la Provincia Bocas del Toro en Panamá. 18 departamentos estarían en el rango de entre 24 °C y 27 °C. Otros 11 departamentos, además de Valle de Honduras, experimentarían el rango extremo de 30 °C a 33 °C, incluyendo Retalhuleu, Suchitepéquez y Escuintla en la costa Pacífico e Izabal y Jalapa en la costa del Atlántico de Guatemala; La Unión en El Salvador; el Departamento de Choluteca en la costa Pacífico de Honduras y los departamentos de Managua, Rivas y Granada en Nicaragua. Otros cambios importantes hacia el corte 2100 podrían ser el calentamiento del Valle Central de Costa Rica a temperaturas entre 24 °C y 27 °C, de la mayor parte de El Salvador al rango entre 27 °C y 30 °C y del Altiplano Occidental guatemalteco a entre 21 °C y 24 °C (véase mapa 4 (F)).

MAPA 3
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
ESCENARIO B2, PROMEDIO 1950-2000 Y CORTES A 2100
(En grados Centígrados)



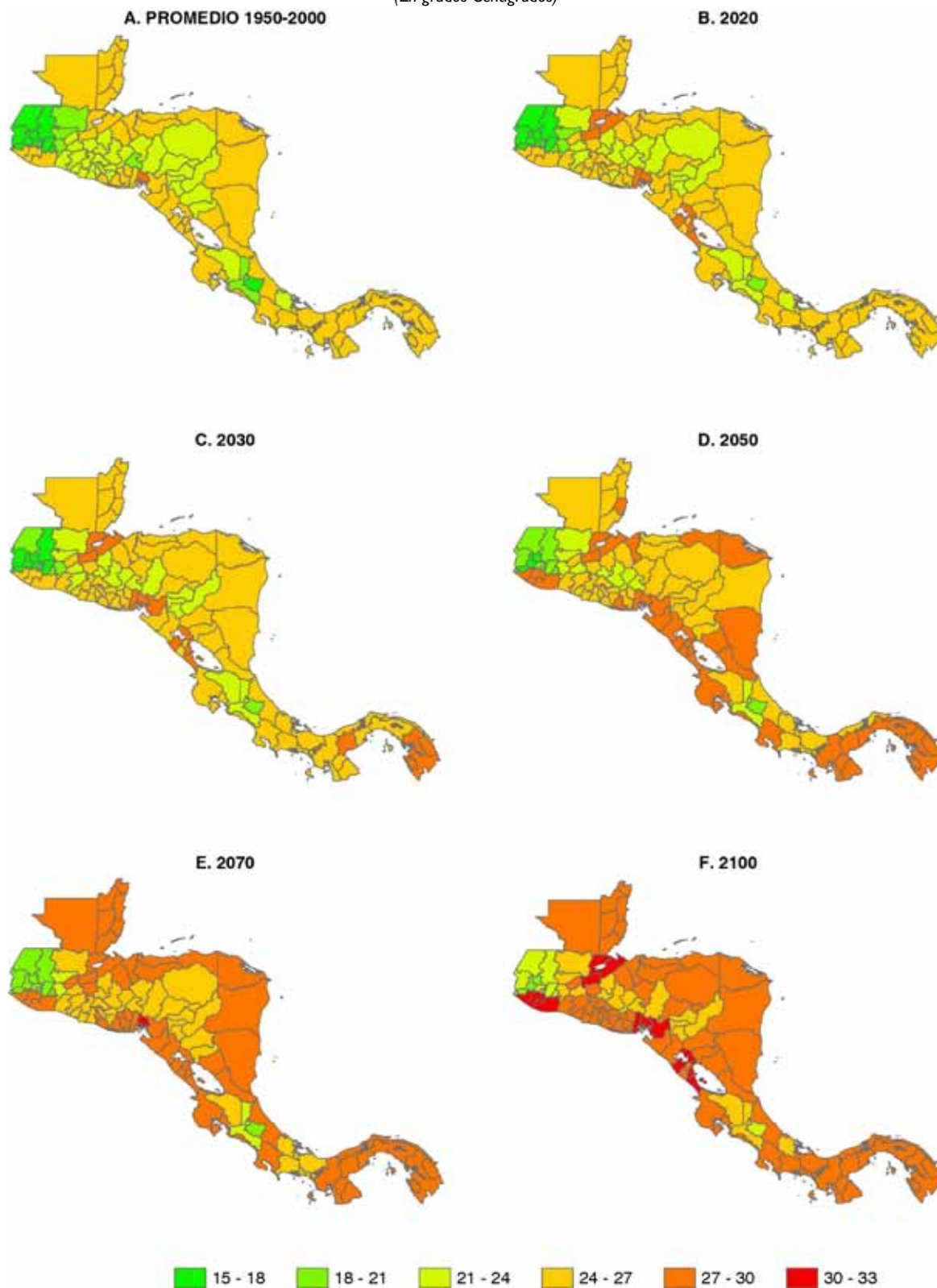
Fuente: Elaboración propia.

MAPA 3 (AMPLIACIÓN)
CENTROAMÉRICA: EVOLUCIÓN DE LA TEMPERATURA MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
ESCENARIO B2, PROMEDIO 1950-2000 Y 2100
(En grados Centígrados)



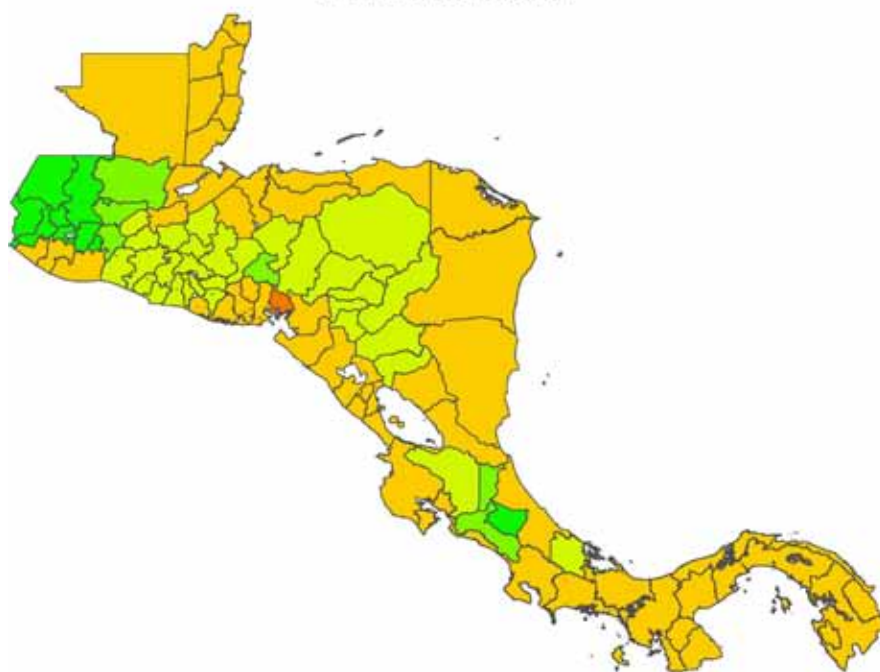
Fuente: Elaboración propia

MAPA 4
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
ESCENARIO A2, PROMEDIO 1950-2100 CON CORTES A 2100
(En grados Centígrados)

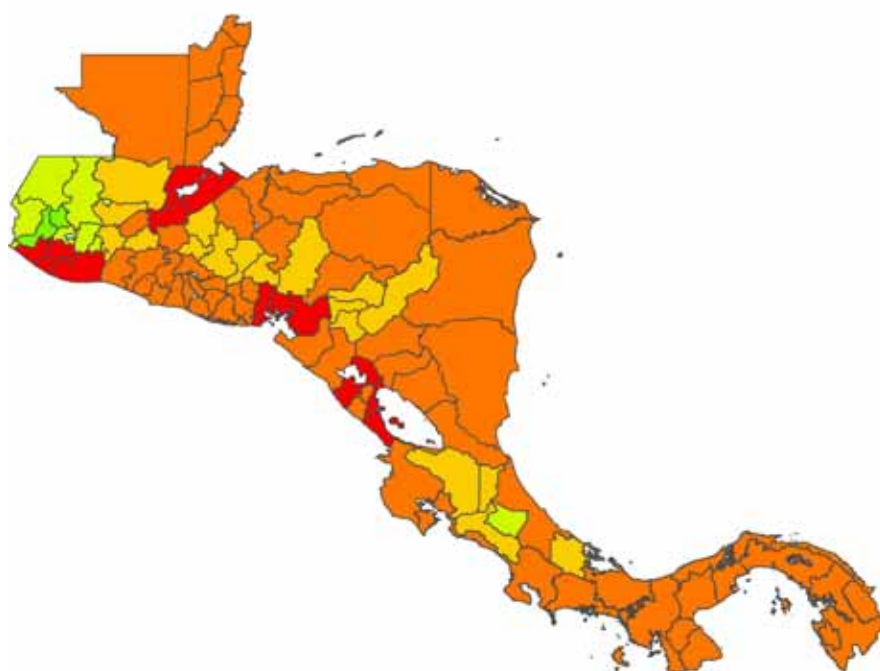


Fuente: Elaboración propia.

MAPA 4 (AMPLIACIÓN)
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
ESCENARIO A2, PROMEDIO 1950-2000 Y 2100
(En grados Centígrados)
A. PROMEDIO 1950-2000



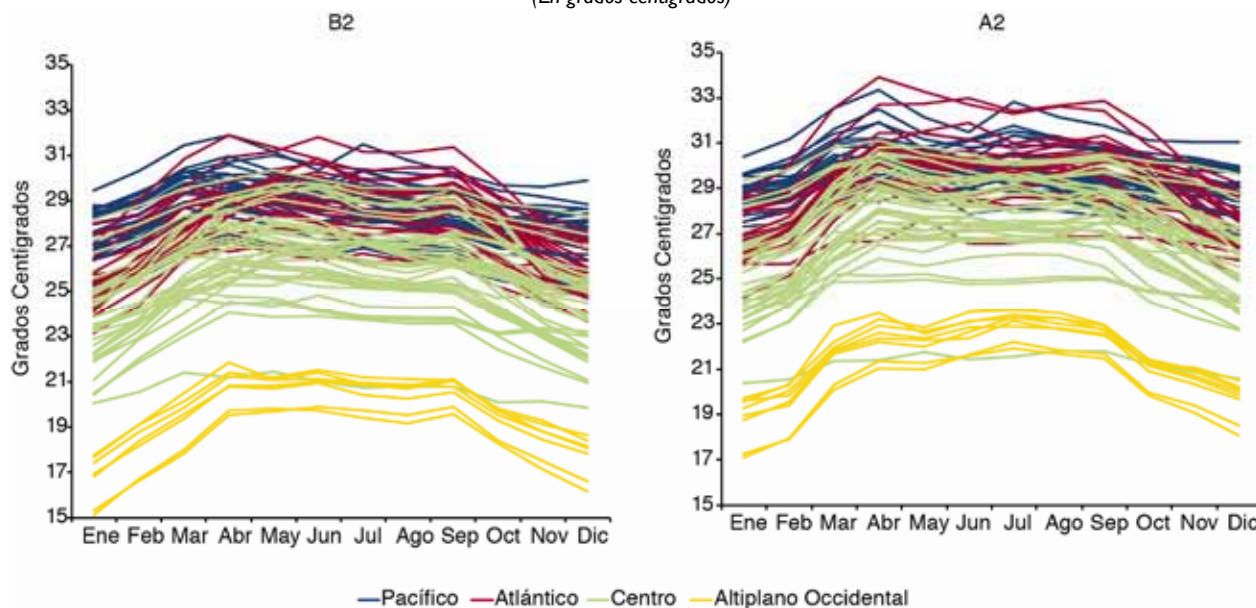
F. 2100



Fuente: Elaboración propia.

El gráfico 13 ilustra el comportamiento de la temperatura media mensual por departamento, ordenado por región geoclimática en los escenarios B2 y A2 al corte 2100. En general, si se compara este patrón de temperatura con el patrón del período 1950 a 2000 (véanse gráficos 5 y 6), el cambio más importante es el aumento de la temperatura durante todo el año, ya que, no se observan grandes cambios en los patrones intraanuales. Haciendo un comparativo entre el escenario B2 y el escenario A2, se observa que los niveles de temperatura son mayores en el segundo. Esta observación resulta más evidente en el gráfico 14, que muestra la evolución de la temperatura a lo largo del año en cada región geoclimática en los dos escenarios considerados.

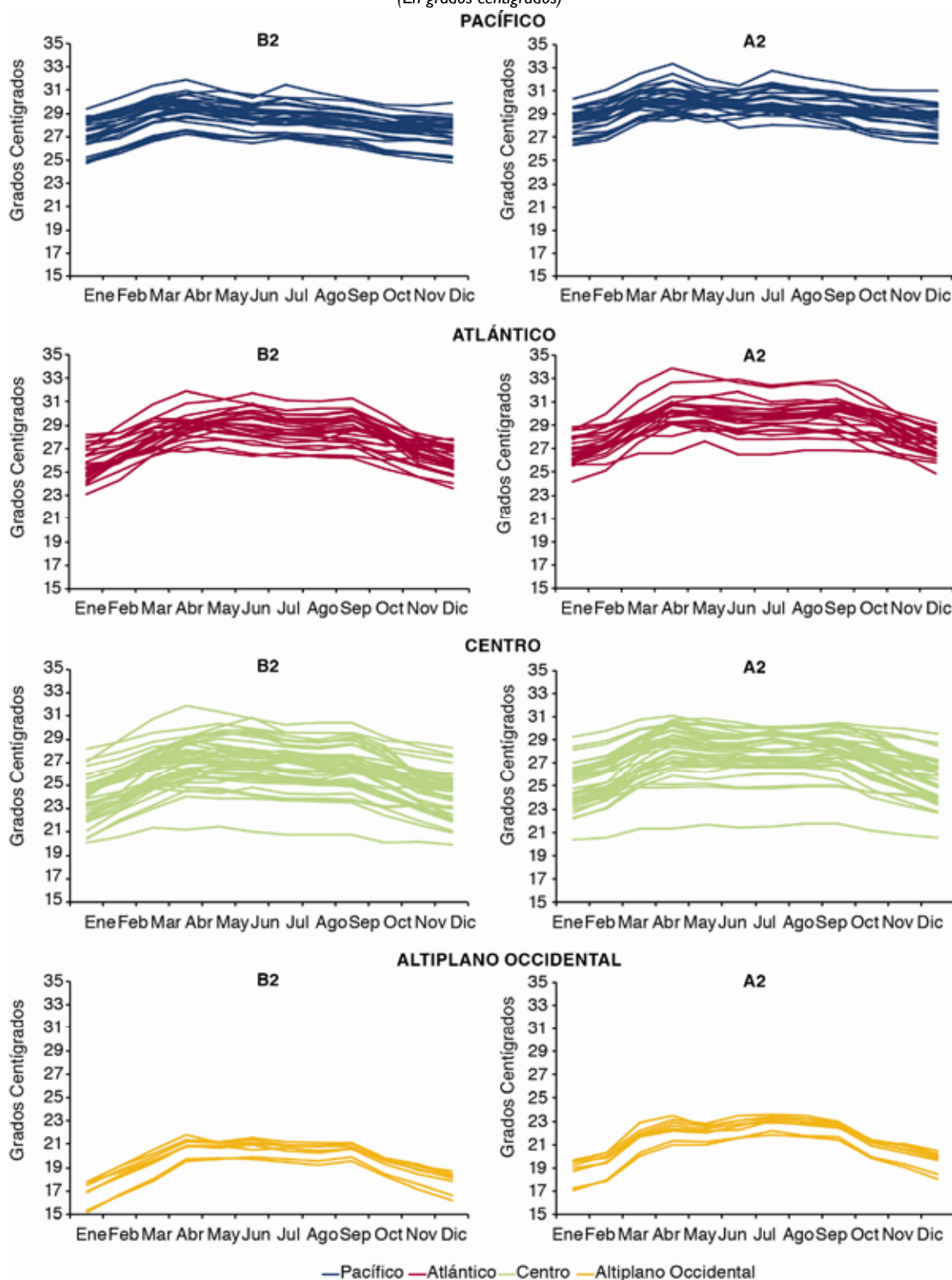
GRÁFICO 13
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR DEPARTAMENTO Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA
(AGREGADO), ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

El potencial comportamiento de la temperatura media al corte 2100 en los meses de mayor y menor temperatura se muestra en el cuadro 5. En general, en ambos escenarios, estos meses de mayor y menor temperatura siguen siendo los mismos. En el escenario A2, las temperaturas durante la temporada de calor son alrededor de 1,2 °C más elevadas que en el escenario B2, aunque esta diferencia llega a 1,6 °C en las regiones Pacífico, Centro y Altiplano Occidental guatemalteco. La diferencia mayor se observa en la región Centro y en el Altiplano Occidental guatemalteco. En las regiones Pacífico, Centro y Altiplano Occidental guatemalteco se observa un ligero incremento, donde el pronóstico con el escenario A2 es, en promedio, 1,6 °C más elevado. En la época más fría del año, los valores de temperatura bajo el escenario A2 podrían llegar a ser en promedio 1,4 °C, más elevados que con B2. El gráfico 15 ilustra el pronóstico de temperatura media mensual para los departamentos agrupados por país bajo los escenarios B2 y A2 con corte al 2100. Éste muestra un desplazamiento creciente de la temperatura respecto al período 1950 a 2000, el cual es mayor bajo el escenario A2. Guatemala, seguido por Costa Rica y Honduras, mantendría la mayor variación de temperaturas en su territorio.

GRÁFICO 14
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR DEPARTAMENTO, POR REGIÓN
GEOCLIMÁTICA (DESAGREGADO), ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

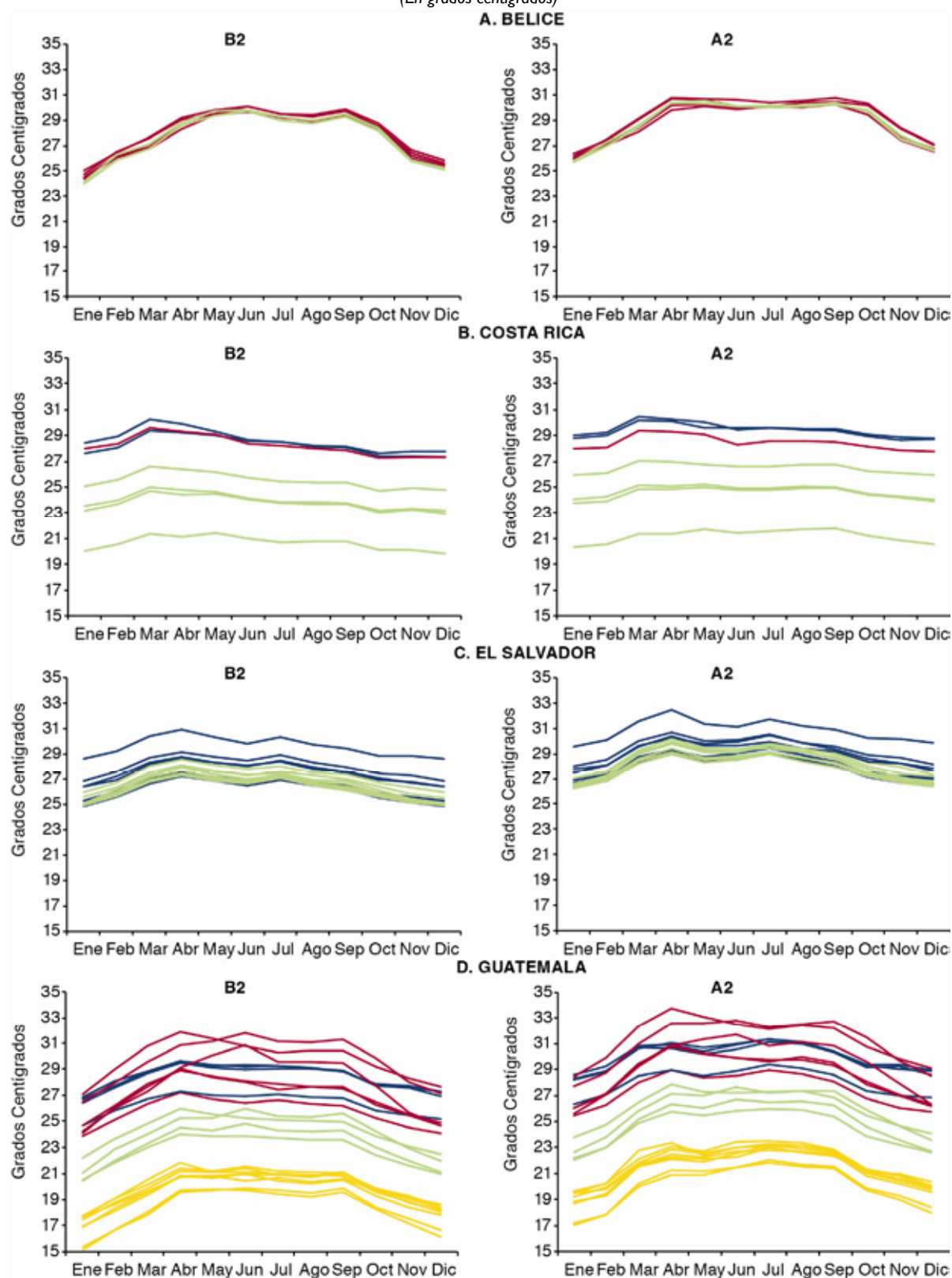
CUADRO 5
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
(En grados Centígrados)

Región geoclimática	Promedio por período (°C)					
	Abr.		Jul.		Dic.-Ene.	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Pacífico	29,4	30,4	28,8	30,1	27,4	28,5
	(1,1)	(1,1)	(1,1)	(1,0)	(1,2)	(1,0)
	May.-Sep.				Dic.-Ene.	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Atlántico	28,9	30,0	-	-	25,7	26,9
	(1,2)	(1,3)	-	-	(1,2)	(1,1)
	Abr.		May.-Sep.		Dic.-Ene.	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Centro	26,9	28,4	26,7	28,0	24,0	25,3
	(1,8)	(2,0)	(1,8)	(1,7)	(1,9)	(1,9)
	May.		Jun.-Sep.		Dic.-Ene.	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Altiplano Occidental	20,7	22,1	20,5	22,7	17,3	19,2
	(0,6)	(0,7)	(0,6)	(0,6)	(1,0)	(0,9)

Nota: Los números entre paréntesis representan la desviación estándar.

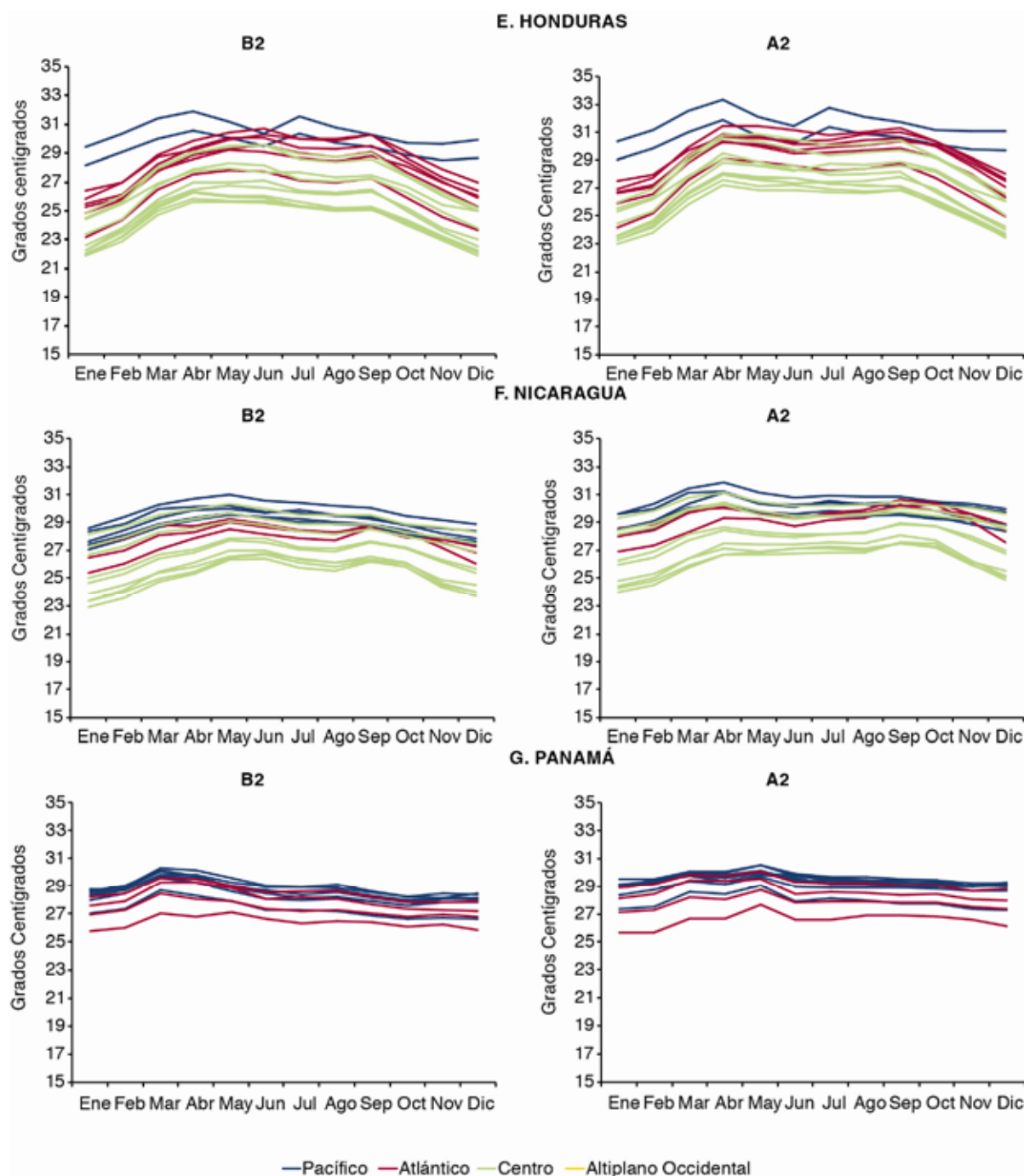
Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 15
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL, POR PAÍS, DEPARTAMENTO Y REGIÓN
GEOCLIMÁTICA, ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
(En grados centígrados)



(continúa)

(continuación Gráfico 15)



Fuente: Elaboración propia.

El comportamiento de la temperatura media mensual ordenado por región geoclimática y por país está resumido en el cuadro 6. En general, los pronósticos de temperatura son mayores bajo el escenario A2. Se esperaría que, el mayor calentamiento promedio ocurriera en la región Centro. En comparación con la temperatura de esta región geoclimática en el período histórico, ocurrirían aumentos de temperaturas en 4,3 °C (promedio), seguido por un calentamiento promedio de 3,9 °C en el Altiplano Occidental guatemalteco. En la región Pacífico se estima que el mayor calentamiento ocurriría en Honduras con una diferencia promedio de 5,2 °C respecto al período 1950 a 2000, seguido por El Salvador y Guatemala con una diferencia promedio de 3,7 °C. En la región Atlántico se espera

que Guatemala experimente el mayor incremento con un nivel promedio de 4,0 °C superior al período histórico, seguido por Nicaragua con una diferencia de 3,4 °C. Para la región Centro se estima un calentamiento promedio de 3,7 °C respecto al período histórico, donde Guatemala y Honduras experimentarían un mayor calentamiento de 4,0 y 3,9 °C, respectivamente.

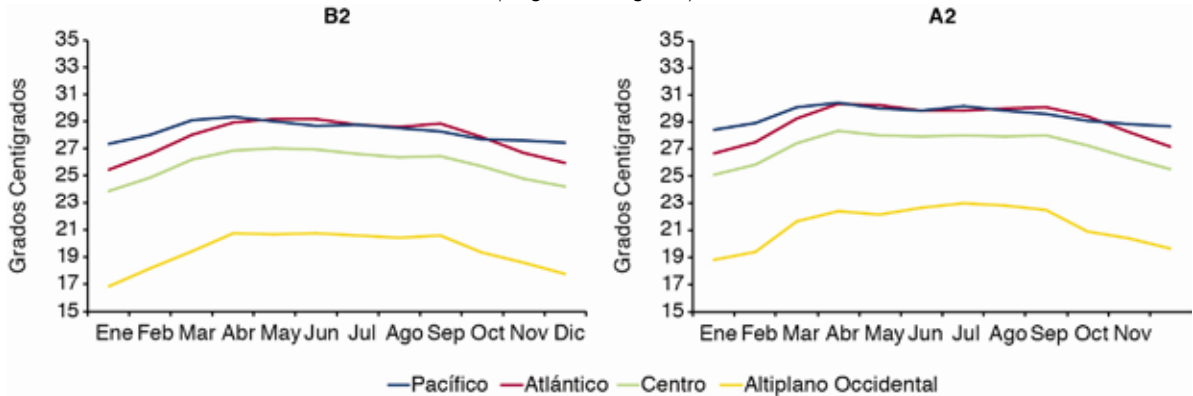
CUADRO 6
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MENSUAL MEDIA ANUAL POR PAÍS Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA, ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
(En grados Centígrados)

País	Región geoclimáticas (°C)							
	Pacífico		Atlántico		Centro		Altiplano Occidental	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Belice	-	-	27,9	29,0	27,6	28,9	-	-
	-	-	(0,2)	(0,3)	(0,1)	(0,0)	-	-
Costa Rica	28,4	29,4	28,2	28,5	23,5	24,2	-	-
	(0,2)	(0,0)	-	-	(1,8)	(1,9)	-	-
El Salvador	27,4	28,9	-	-	26,5	28,2	-	-
	(1,1)	(1,0)	-	-	(0,4)	(0,4)	-	-
Guatemala	27,9	29,7	27,8	29,6	23,6	25,4	19,5	21,3
	(1,1)	(1,0)	(1,6)	(1,5)	(0,7)	(0,6)	(0,7)	(0,7)
Honduras	30,0	31,1	27,9	29,0	25,6	27,0	-	-
	(0,6)	(0,6)	(0,9)	(0,8)	(1,2)	(1,1)	-	-
Nicaragua	29,1	29,9	27,9	29,3	26,7	27,8	-	-
	(0,5)	(0,5)	(0,4)	(0,3)	(1,4)	(1,4)	-	-
Panamá	28,5	29,2	27,2	27,6	-	-	-	-
	(0,5)	(0,6)	(0,8)	(1,0)	-	-	-	-
Centroamérica	28,3	29,5	27,8	29,0	25,8	27,1	19,5	21,3
	(1,1)	(0,9)	(1,0)	(1,1)	(1,9)	(1,8)	(0,7)	(0,7)

Nota: Los números entre paréntesis representan la desviación estándar.
Fuente: Elaboración propia.

Haciendo un resumen, bajo los escenarios B2 y A2, no se espera que el patrón intraanual de temperatura cambie en sí a lo largo del año aunque durante todo el año habrían aumentos significativos de temperatura. Los pronósticos del escenario A2 resultarían más extremos. El gráfico 16 presenta el promedio de temperatura media mensual por región geoclimática con cada uno de los escenarios, B2 y A2. Este gráfico es similar al gráfico 8, sin que se observen cambios significativos excepto el aumento de temperatura.

GRÁFICO 16
CENTROAMÉRICA: TEMPERATURA MEDIA MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA, ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
(En grados centígrados)



Fuente: Elaboración propia.

ESCENARIOS DEL PATRÓN INTRAANUAL DE PRECIPITACIÓN CON CAMBIO CLIMÁTICO A NIVEL DE DEPARTAMENTO Y REGIONES GEOCLIMÁTICA

Este análisis del potencial impacto del cambio climático en la precipitación de los departamentos y regiones geoclimáticas de Centroamérica utilizó el promedio de los modelos ECHAM4 y HADCM3 para el escenario menos pesimista (B2) y ECHAM4 y HADGEM para el escenario más pesimista (A2). Para identificar las tendencias futuras con mayor claridad se calcularon promedios de diez años para cada año de corte: 2020 (promedio 2016 a 2025), 2030 (promedio 2026 a 2035), 2050 (promedio 2046 a 2055), 2070 (promedio 2066 a 2075) y 2100 (promedio 2091 a 2100). En la primera sección se presenta la evolución de la precipitación mensual promediada por año desde el período histórico con cada uno de los cortes hasta 2100. Posteriormente se hace un análisis gráfico de los patrones intraanuales por departamento y regiones geoclimáticas para el corte 2100 (promedio 2090 a 2100).

En el mapa 5 se presenta el análisis de la evolución del promedio anual de la precipitación mensual en cada departamento en el escenario menos pesimista (B2) para los cortes 2020, 2030, 2050, 2070 y 2100 a partir del promedio del período 1950 a 2000. En este período (véase el mapa 5 (A)) en la mayor parte de la región Atlántico existían niveles de precipitación entre 200 mm y 290 mm, mientras que en la región Pacífico eran menores, en el rango de 155 mm y 245 mm. Los niveles de precipitación en las regiones Centro y Altiplano Occidental guatemalteco estaban en el rango de 110 mm y 200 mm. Los menores niveles de precipitación en Centroamérica (65 mm y 110 mm) se presentaban en 11 departamentos: Guatemala, Totonicapán, Baja Verapaz, El Progreso, Jalapa, Zacapa, Chiquimula, en Guatemala (los últimos cinco localizados en el corredor seco guatemalteco), Francisco Morazán y El Paraíso en Honduras y Managua y Estelí en Nicaragua. Y la mayor precipitación (245 mm-290 mm) se presentaba en 11 departamentos que son: Toledo en Belice, Retalhuleu y Suchitepéquez en Guatemala, Región Autónoma del Atlántico Sur en Nicaragua, Limón y Puntarenas en Costa Rica y Bocas del Toro, Chiriquí, Veraguas, Colón y Ngöbe-Bugle en Panamá.

Bajo el escenario B2 en el corte 2020 no se presentarían mayores cambios en los rangos de precipitación respecto al período histórico, con excepción de Huehuetenango en Guatemala, San Salvador y Usulután en El Salvador donde aumentaría la precipitación al rango de 155 mm a 200 mm, en tanto Escuintla en Guatemala aumentaría al rango de 200 mm y 245 mm (véase mapa 5 (B)). Para el corte 2030 tampoco habría un gran cambio en los niveles de precipitación pues solo Veraguas en Panamá disminuirá su precipitación al rango de 200 mm y 245 mm (véase mapa 5 (C)). Hacia la mitad del siglo en este escenario Veraguas regresaría a sus niveles históricos de precipitación, mientras Corozal en Belice disminuiría la lluvia al rango de 65 mm a 110 mm. En este corte, Costa Rica y Panamá, la mayor parte de la costa del Atlántico en Centroamérica y ciertos departamentos de Guatemala seguiría con los niveles más altos de precipitación; la región Centro en Guatemala y Honduras con los rangos más bajos (véase mapa 5(D)).

Hacia el final del siglo con B2 los niveles de precipitación tenderían a disminuir ligeramente. Los 15 departamentos más secos, en el rango de precipitación de 65 mm-110 mm, serían Guatemala, Totonicapán, Baja Verapaz, El Progreso, Jalapa, Zacapa y Chiquimula en Guatemala, Yoro, Olancho, Francisco Morazán y El Paraíso en Honduras, y Madriz, Managua, León y Estelí en Nicaragua. Los seis departamentos más húmedos, en el rango de 245 mm-290 mm, serían Toledo en Belice,

Retalhuleu y Suchitepéquez en Guatemala, Región Autónoma del Atlántico Sur en Nicaragua, y Limón y Puntarenas en Costa Rica (véase mapa 5 (F)). En Panamá, las provincias de Colón, Veraguas, Bocas del Toro, Chiriquí y la Comarca Ngöbe-Bugle, pasarían del rango del 245 a 290 mm al de 200 a 245mm. De forma similar, el Departamento de Gracias a Dios en Honduras y la Región Autónoma Atlántico Norte en Nicaragua, bajarían del rango de 200 mm a 245 mm al de 155 a 200 mm. Varios departamentos de El Salvador pasarían del rango del 155 a 200 mm al de 110 a 155mm. En Honduras, Olancho y Yoro bajarían de 110 a 155 mm a 65 a 110 mm. En general, se estima que bajo este escenario los niveles de precipitación en las cuatro regiones geoclimáticas permanecerán relativamente estables, en especial en la región Centro de Centroamérica.

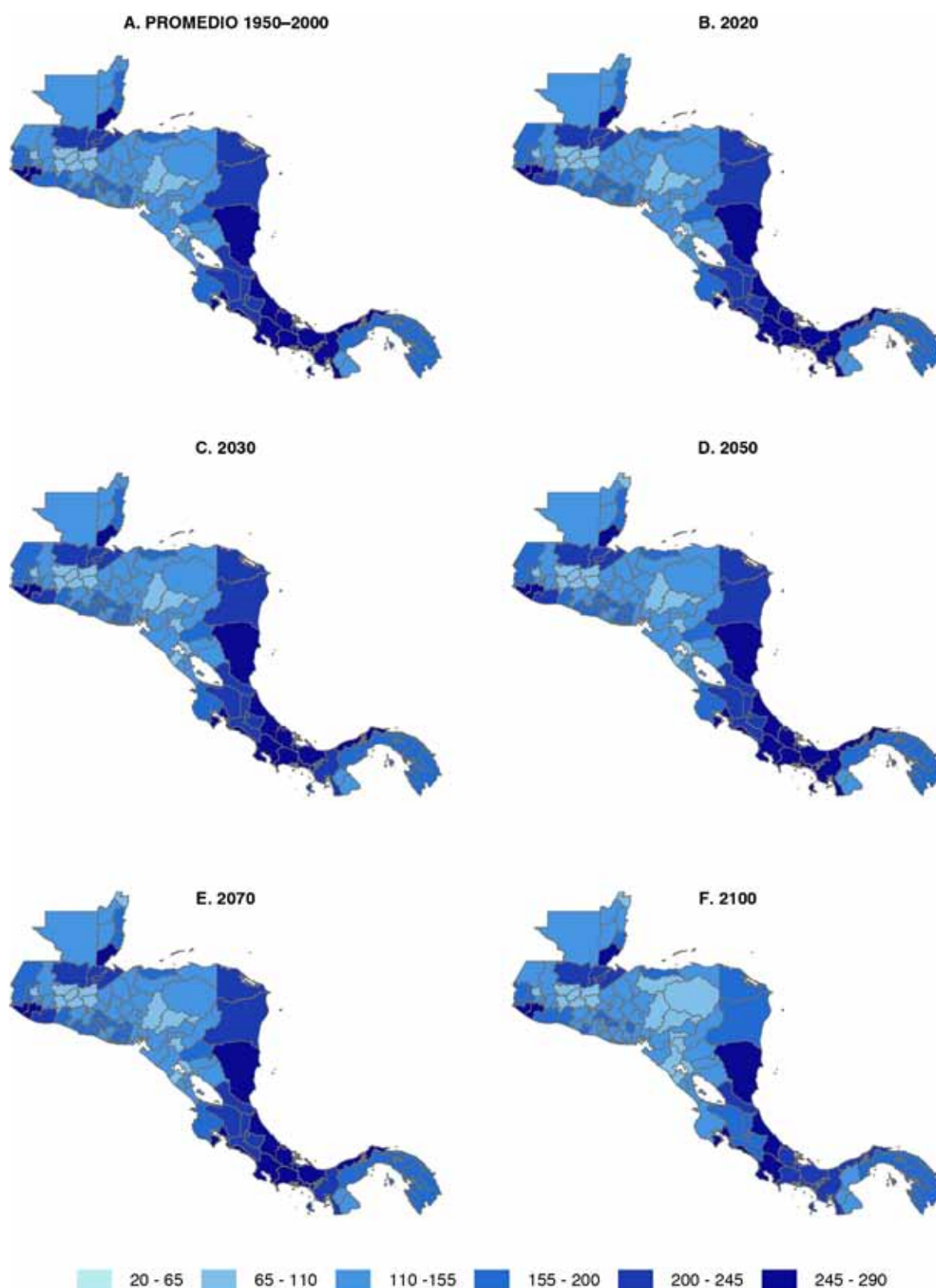
Bajo el escenario más pesimista (A2), el proceso de disminución de la precipitación sería más extremo y acelerado que en el escenario B2, como lo muestra el mapa 6. Ya en el primer corte de 2020, se puede detectar reducciones en los rangos de precipitación. Por ejemplo, El Progreso y Zacapa del corredor seco en Guatemala experimentarían una reducción de lluvia, entrando en el rango de 20 mm y 65 mm. Los departamentos de la región Centro de Honduras y Nicaragua, como Olancho, Yoro, Copán, Ocotepeque, y Madriz, pasarían al rango de 65 mm a 110 mm. Los departamentos de la región Pacífico como Ahuachapán, Sonsonate y La Libertad y de la región Centro como San Miguel y Cuscatlán en El Salvador, el Distrito de Belice y el departamento de Matagalpa en Nicaragua experimentarían un nivel menor de lluvia pasando al rango de 110 mm a 155 mm. En total, 23 departamentos pasarían hacia rangos más bajos (véase mapa 6 (B)).

Para el corte 2030, 31 departamentos pasarían a rangos de precipitación más bajos y 64 permanecerían estables relativo al período histórico. En este corte Chiquimula en Guatemala reduciría su rango a 20 mm-65 mm; Chimaltenango, Jutiapa, y Chiquimula en Guatemala, y Nueva Segovia y Boaco en Nicaragua bajarían al rango de 65 mm-110 mm; Chalatenango, Cabañas y Morazán en El Salvador y Quetzaltenango en Guatemala reducirían a un rango de 110 mm-155 mm, todos respecto al corte anterior. Aumentaría el rango de lluvia solamente en dos departamentos, Guanacaste en Costa Rica y Veraguas en Panamá respecto al corte 2020, (véase mapa 6 (C)).

Para el corte 2050, ya se evidencian reducciones de precipitación en 48 departamentos relativo al promedio histórico: Región Autónoma del Atlántico Sur de Nicaragua, Limón en Costa Rica y la Provincia de Bocas del Toro y la Comarca de Ngöbe-Bugle en Panamá pasando ellos al rango de 200 mm a 245 mm; el Valle Central de Costa Rica y Alta Verapaz en Guatemala bajarían al rango de 155 mm a 200 mm; Estelí en Nicaragua, El Progreso, Zacapa y Chiquimula en Guatemala experimentarían muy bajas precipitaciones promedio anuales, entrando al rango de 20 mm a 65 mm. Toledo en Belice, Retalhuleu y Suchitepéquez en Guatemala, Puntarenas en Costa Rica y Chiriquí y Colón en Panamá serían los departamentos en el rango mayor de 245 mm a 290 mm (véase mapa 6 (D)).

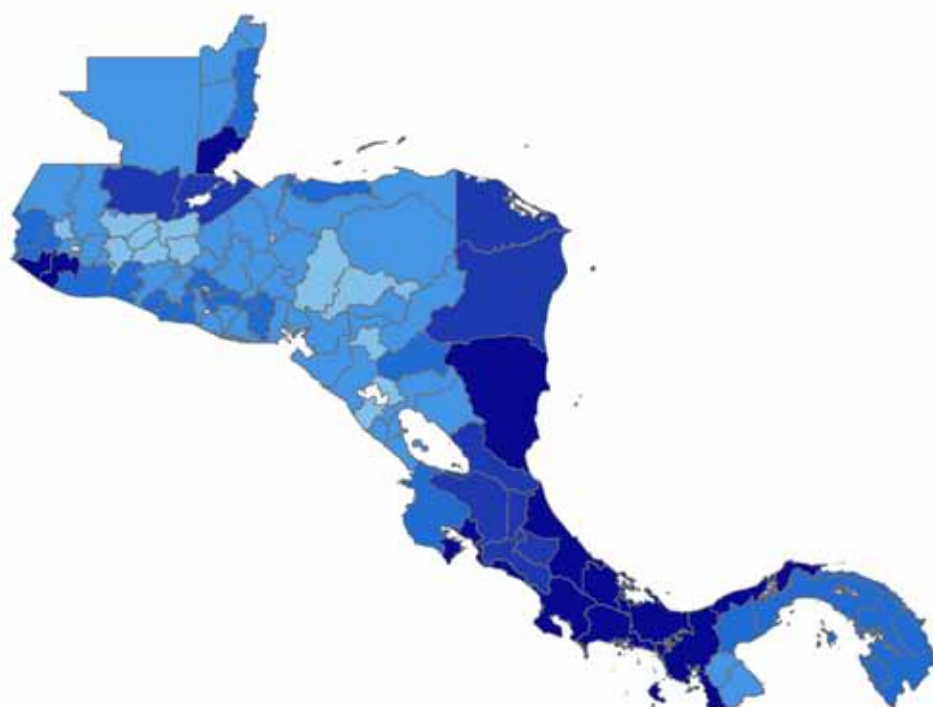
En el corte de 2070, este proceso de reducción sigue. Solo Retalhuleu y Suchitepéquez seguirán en el rango de 245 mm a 290 mm, donde se encontraban 11 departamentos en el período histórico. Otros departamentos del Centro de Guatemala y El Paraíso en Honduras descenderían al rango de 20 mm y 65 mm, para un total de nueve departamentos en este rango, frente a ninguno en el período histórico (véase mapa 6 (E)).

MAPA 5
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO B2,
PROMEDIO 1950-2000 Y CORTES A 2100
(En milímetros)

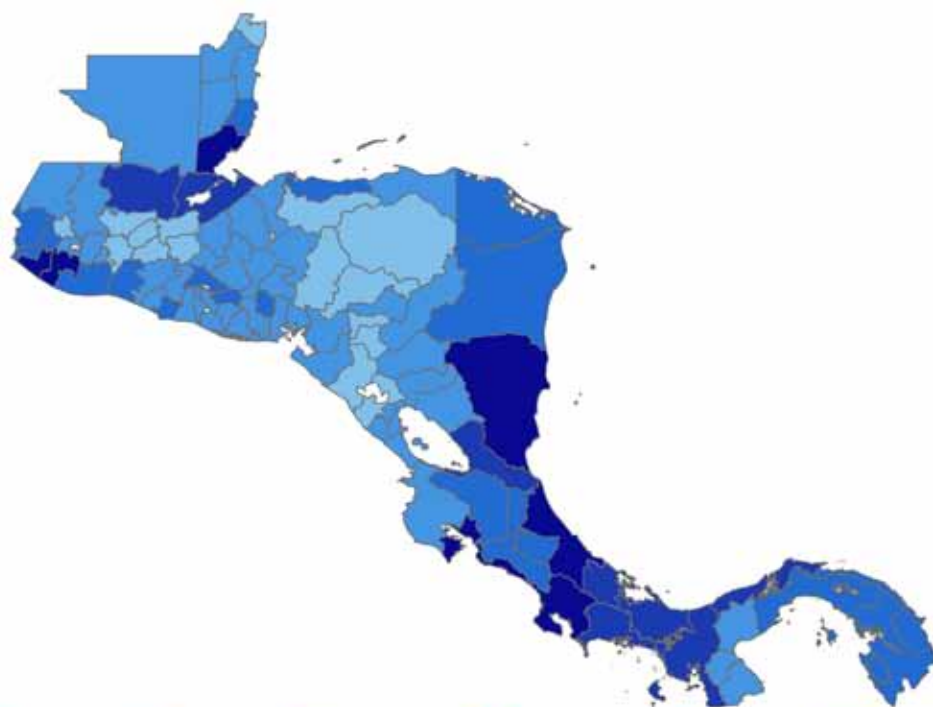


Fuente: Elaboración propia.

MAPA 5 (AMPLIACIÓN)
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
ESCENARIO B2, PROMEDIO 1950-2000 Y 2100
(En milímetros)
A. PROMEDIO 1950-2000



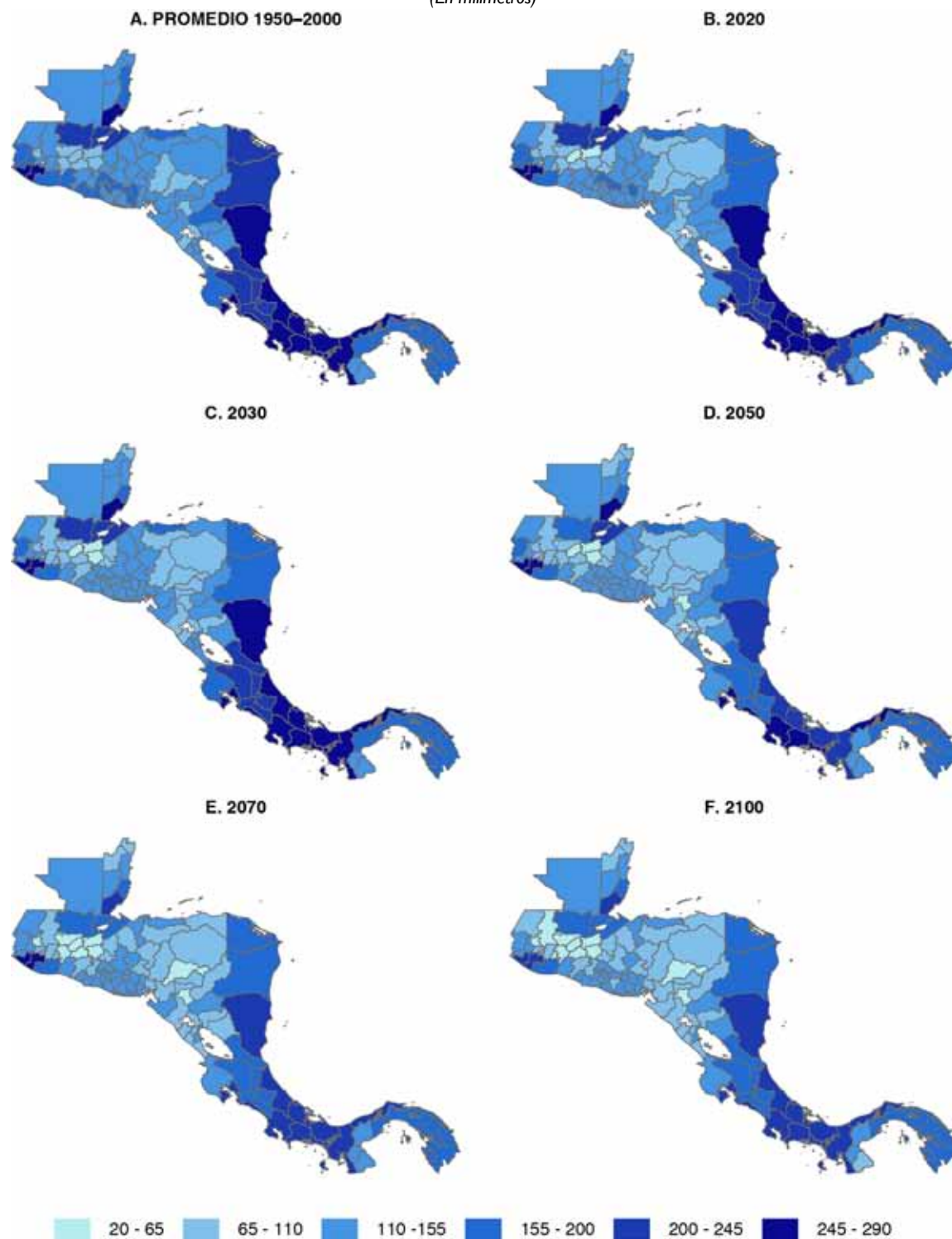
F. 2100



20 - 65 65 - 110 110 - 155 155 - 200 200 - 245 245 - 290

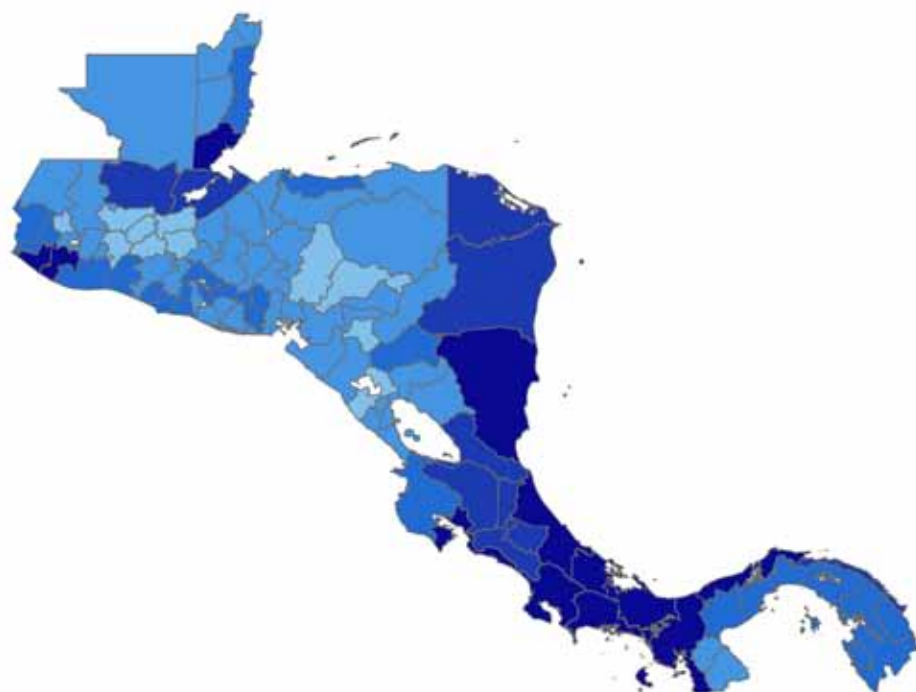
Fuente: Elaboración propia.

MAPA 6
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO, ESCENARIO A2,
PROMEDIO 1950-2000 Y CORTES A 2100
(En milímetros)

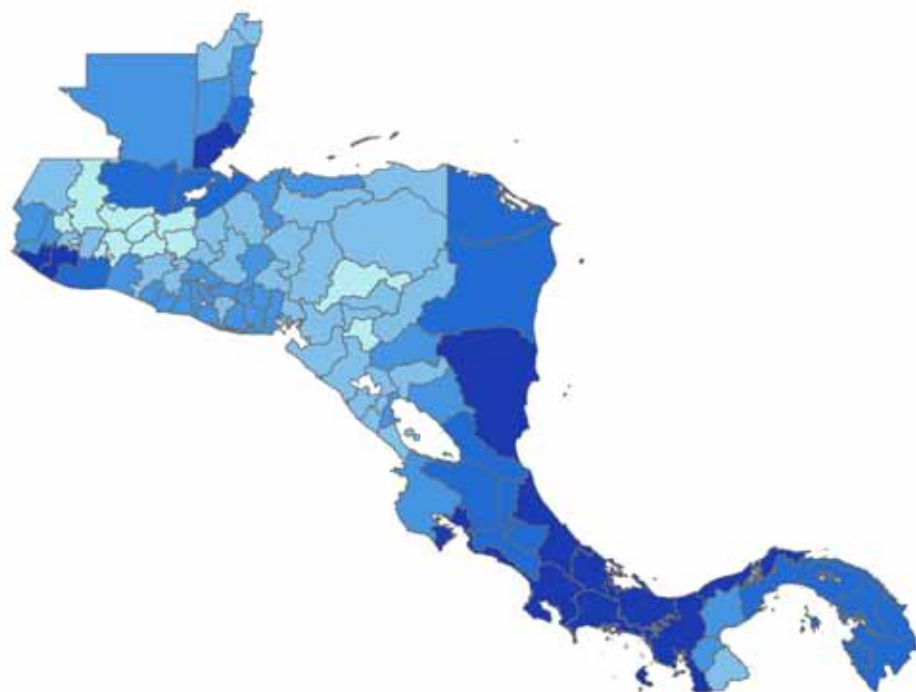


Fuente: Elaboración propia

MAPA 6 (AMPLIACIÓN)
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL POR DEPARTAMENTO,
ESCENARIO A2, PROMEDIO 1950-2000 Y 2100
(En milímetros)
A. PROMEDIO 1950-2000



F. 2100



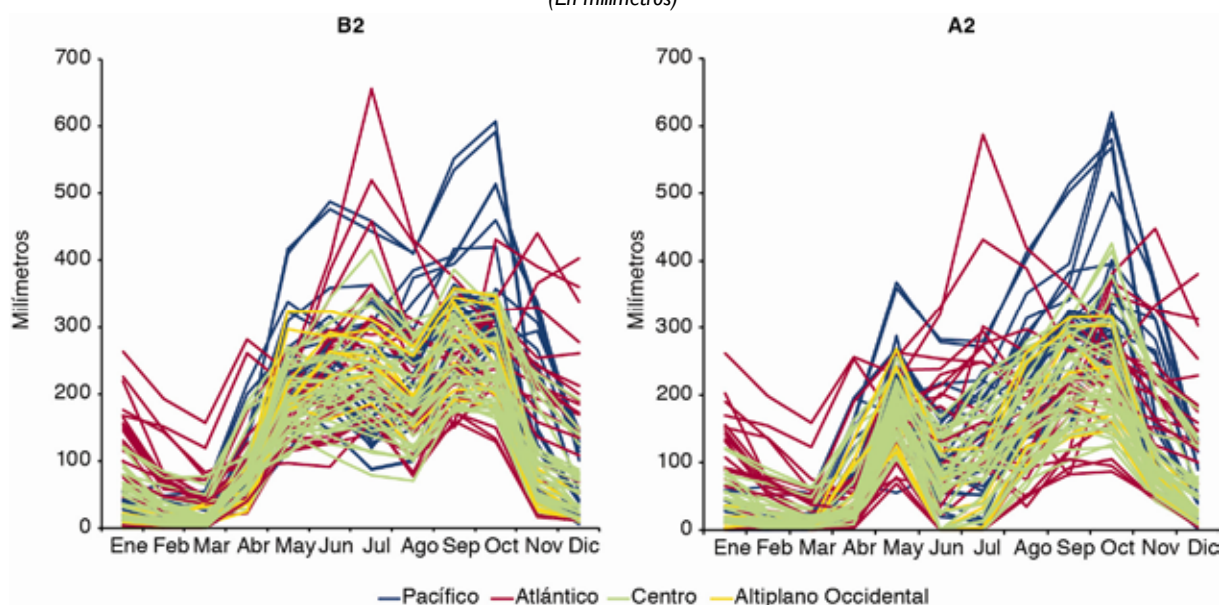
20 - 65 65 - 110 110 - 155 155 - 200 200 - 245 245 - 290

Fuente: Elaboración propia.

Al corte de 2100, la precipitación en la mayor parte de la región Atlántico estaría en el rango de 155 mm a 245 mm, inferior al pronosticado en el escenario B2. La disminución en la región Pacífico sería más drástica también, destacando la costa Pacífico de Honduras y Nicaragua que experimentarían niveles en el rango de 110 mm a 155 mm. Se evidencia una región con 42 departamentos (el 45%) con lluvias que corresponden al rango de 20 a 110 mm. Once departamentos experimentarían un rango de lluvias (20 mm a 65 mm) menor a cualquier departamento en el período histórico: Totonicapán, Quiché, Baja Verapaz, Guatemala, Sacatepéquez, El Progreso, Jalapa, Chiquimula y Zacapa de Guatemala, El Paraíso en Honduras y Estelí en Nicaragua; siete de ellos parte del corredor seco histórico. Destaca el Departamento de Zacapa en Guatemala, donde se pronostica que a 2100 bajo el escenario A2 ocurrirían las temperaturas más altas (30 °C–33 °C) y los niveles de precipitación más bajos, en el rango de 20 mm–65 mm. Costa Rica, Panamá, la costa del Atlántico en Nicaragua, los departamentos del Pacífico y del norte de Guatemala y Belice tendrían las mayores precipitaciones promedio anual de Centroamérica en un rango de 155 mm–245 mm (véase mapa 6 (F)).

Los gráficos 17 y 18 ilustran el comportamiento de la precipitación mensual por departamento a 2100, presentado por región geoclimática, con los escenarios B2 y A2, y el cuadro 7 identifica los meses o períodos de meses de máximos y mínimos intraanuales. Si se compara el patrón de finales del siglo XX con el del período 1950 a 2000 (véanse gráficos 9 y 10), se observan disminuciones importantes en las cuatro regiones en A2. Sin embargo, los patrones muestran algunas diferencias, dependiendo del escenario y la región geoclimática.

GRÁFICO 17
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR DEPARTAMENTO Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA
(AGREGADO), ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
(En milímetros)



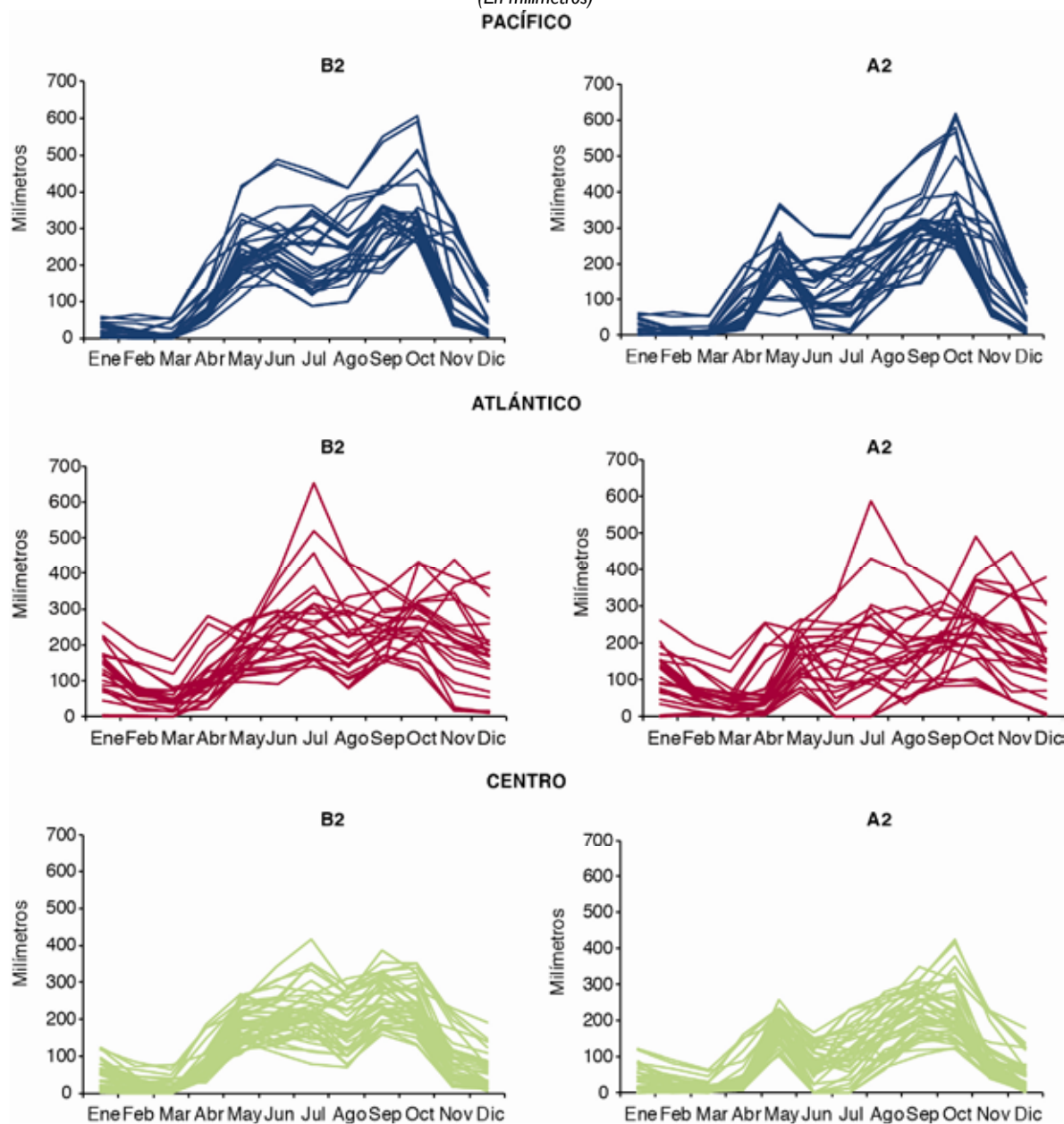
Fuente: Elaboración propia.

La región Pacífico con B2 mantendría el patrón intraanual bimodal, aunque con mayor variabilidad entre departamentos en el arranque de la temporada y en la canícula y con una tendencia que adelantaría el final de la temporada. Con A2, se puede detectar la reducción general

del nivel de precipitación, especialmente en el primer período entre abril y agosto. El período de baja precipitación ocurriría de enero a marzo, igual que en el período histórico, pero cayendo hasta niveles de 0 mm en siete departamentos de esta región geoclimática en alguno de estos meses, presentándose la mayoría en El Salvador.

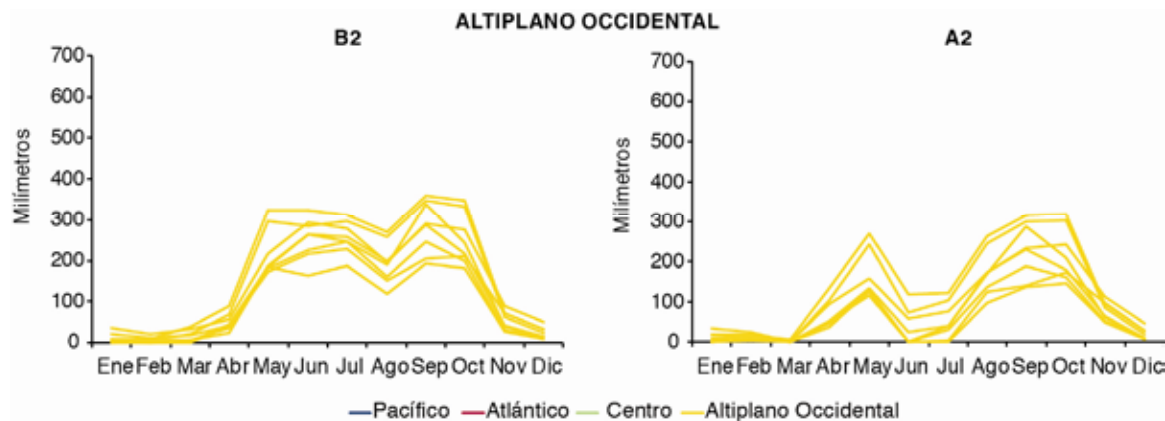
GRÁFICO 18
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR DEPARTAMENTO Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA
(DESAGREGADO), ESCENARIOS B2 Y A2, 2100

(En milímetros)



(continúa)

(continuación Gráfico 18)



Fuente: Elaboración propia.

La región Atlántico presentaría patrones de precipitación menos definidos con el cambio climático, igual que en el período histórico. En general, bajo B2, se presentarían pocos cambios en el patrón intraanual aunque con mayor variabilidad, mientras que con A2 la reducción general de precipitación se hace evidente en el decremento de niveles y la incidencia de menores precipitaciones en enero a abril, julio y agosto. En B2 se estima que los niveles mínimos ocurrirán en febrero y marzo con promedio de 58 mm, mientras que con A2 se espera que este período sea el mes de marzo con niveles promedio de 43 mm (véase cuadro 7).

En ambos escenarios, los niveles más bajos en este período ocurrirían en el Departamento de Zacapa en Guatemala, pero no se espera que alcancen valores de 0 mm bajo ningún escenario, mientras que los niveles serían más estables a lo largo del año, con un máximo en julio con promedio de 276 mm en el escenario B2. Bajo el escenario A2, los patrones de precipitación cambian y, pese a que algunos departamentos tendrían la temporada de lluvias durante ese mes, la tendencia no es clara como para generalizarla. En esta región geoclimática no se aprecia una disminución de la precipitación en la canícula en forma definida y resulta difícil observar alguna otra tendencia.

La región Centro es la que muestra un comportamiento más definido. Con el escenario B2, evidencia la reducción general de la precipitación y una mayor variación en el patrón bimodal histórico. Se espera que el primer período de lluvias ocurra de mayo a julio con un promedio mensual de 206 mm, cuando históricamente se presentaba preponderantemente en el mes de junio. En algunos departamentos seguiría un período de canícula. El segundo período de precipitación (septiembre a octubre) sería más prolongado que el del período histórico, con un promedio mensual de 245 mm y sin un máximo definido. Bajo el escenario A2 se espera un patrón diferente. El máximo del primer período de lluvias podría ocurrir en mayo (junio en el período histórico) pero con niveles de precipitación más bajos, alrededor de 182 mm. También se observa en forma clara una disminución de la precipitación en la canícula los meses de junio y julio (julio y agosto en el período histórico). En siete departamentos se estima una precipitación nula, tres de ellos en la región Centro de Guatemala, uno en Nicaragua y tres en Honduras. Las lluvias aumentarían durante el segundo período, con un máximo entre septiembre y octubre (septiembre en el período histórico) con un promedio de 228 mm mensual. La temporada seca de la región Centro se estima que ocurrirá en el mismo período que el del período histórico (febrero a marzo), aunque con valores más extremos.

CUADRO 7
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA, ESCENARIOS
B2 Y A2, 2100
(En milímetros)

Región geoclimática	Promedio por período (mm)							
	Baja		1er período		Canícula		2do período	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Pacífico	Ene.–Mar.	Ene.–Mar.	May.–Jun.	May.	Jul.–Ago.	Jun.–Jul.	Oct.	Oct.
	12,9 (15,3)	12,3 (15,1)	245,2 (74,4)	207,8 (68,9)	236,7 (90,2)	128,8 (73,0)	350,6 (97,6)	356,2 (113,0)
Atlántico	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
	Feb.–Mar.	Mar.	Jul.	-	-	-	-	-
	58,3 (44,3)	42,8 (38,9)	276,0 (131,3)	-	-	-	-	-
Centro	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
	Feb.–Mar.	Feb.–Mar.	May.–Jul.	May.	Ago.	Jun.	Sep.–Oct.	Sep.–Oct.
	17,8 (19,1)	18,1 (18,3)	206,8 (51,9)	182,7 (40,0)	190,3 (66,9)	76,8 (53,1)	245,0 (54,2)	228,0 (65,8)
Altiplano Occidental	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
	Ene.–Mar.	Feb.–Mar.	May.–Jul.	May.	Ago.	Jun.–Jul.	Sep.–Oct.	Sep.–Oct.
	10,3 (10,2)	7,0 (4,0)	242,3 (46,6)	163,1 (59,5)	191,6 (51,7)	43,6 (43,9)	266,2 (60,4)	223,6 (65,0)

Nota: Los números entre paréntesis representan la desviación estándar.

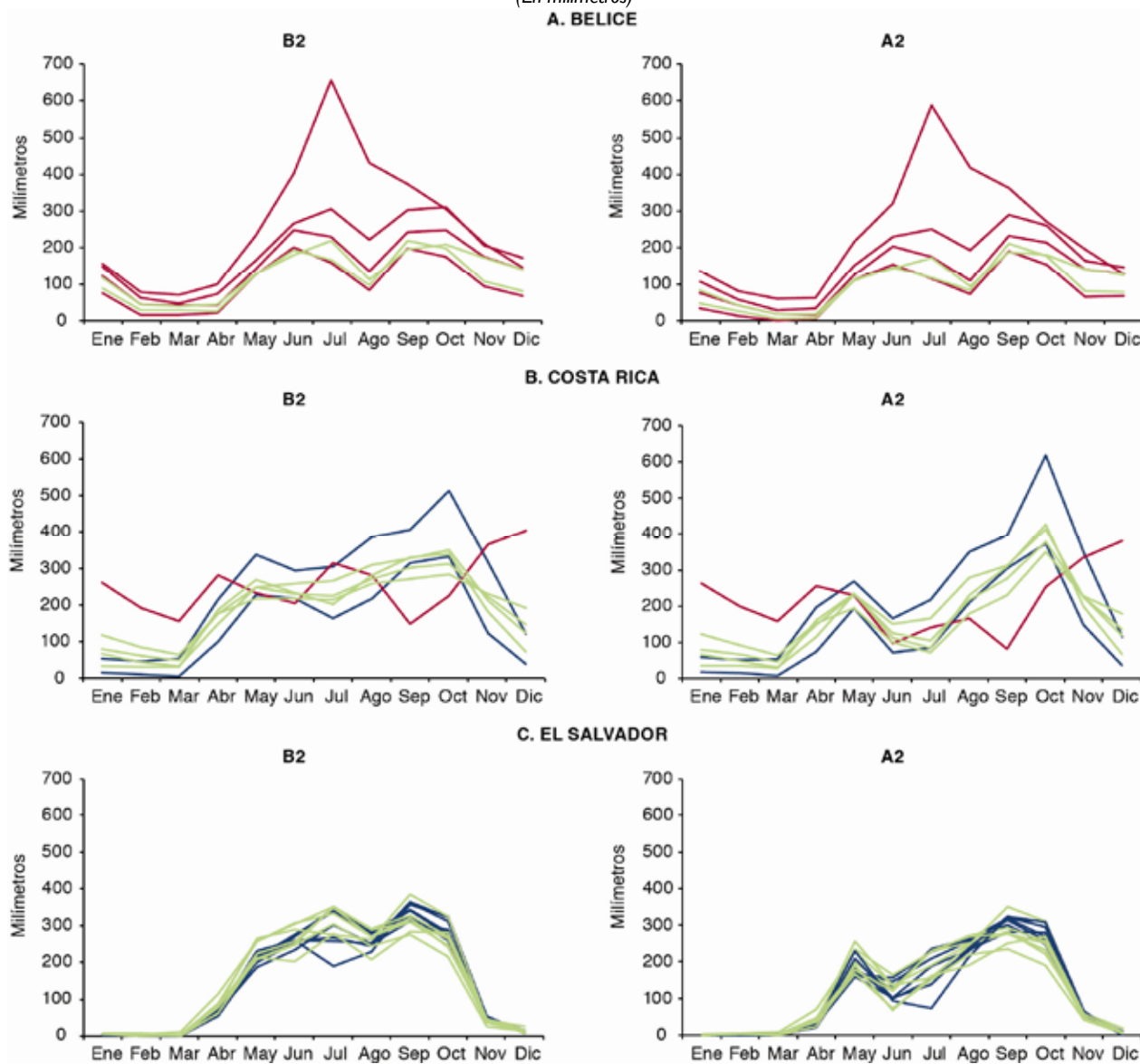
Fuente: Elaboración propia.

La región geoclimática que experimentaría menores niveles de precipitación es la Altiplano Occidental guatemalteco, especialmente bajo el escenario A2. La diferencia más significativa se presentaría durante la temporada de lluvia. Con B2, se mantendría un patrón bimodal con un primer período de lluvias entre mayo a julio, con un nivel promedio estable de 242,3 mm durante estos meses. Con el escenario A2, el primer período de precipitación sería más breve y de menor precipitación: ocurriría principalmente en mayo con un promedio de 163,1 mm. Durante la canícula los niveles de precipitación disminuirían significativamente con A2, llegando a darse niveles nulos de lluvia en los meses de junio y julio en algunos departamentos. En ambos escenarios hay un segundo período de precipitación, de septiembre a octubre, cuyos niveles son mayores que los del primero, alrededor de 266 mm con B2 y 224 mm con A2. Como ya hemos mencionado, con el B2 la región seguiría con un patrón bimodal, pero con el A2 la reducción de lluvia en el primer período y una menor reducción en el segundo, hace que este patrón perdería en parte esta característica. Es importante notar que bajo el escenario B2 se prevé un incremento de los niveles de precipitación en mayo y octubre respecto a los registros históricos.

En el gráfico 19 se presentan los patrones intraanuales de precipitación estimados con los dos escenarios climáticos a 2100 por país, ordenado por región geoclimática y departamento. Belice mantendría un patrón intraanual similar con el cambio climático. Costa Rica tendría un patrón similar al histórico con B2, pero con A2 el patrón se volvería más bimodal y desplazado a niveles menores. El Salvador y Guatemala experimentarían reducciones en lluvias en general, especialmente en el primer período de lluvias entre abril y julio, con efectos más marcados en A2 donde se perdería en parte el patrón bimodal. Guatemala mantendría el mayor rango de niveles de precipitaciones de

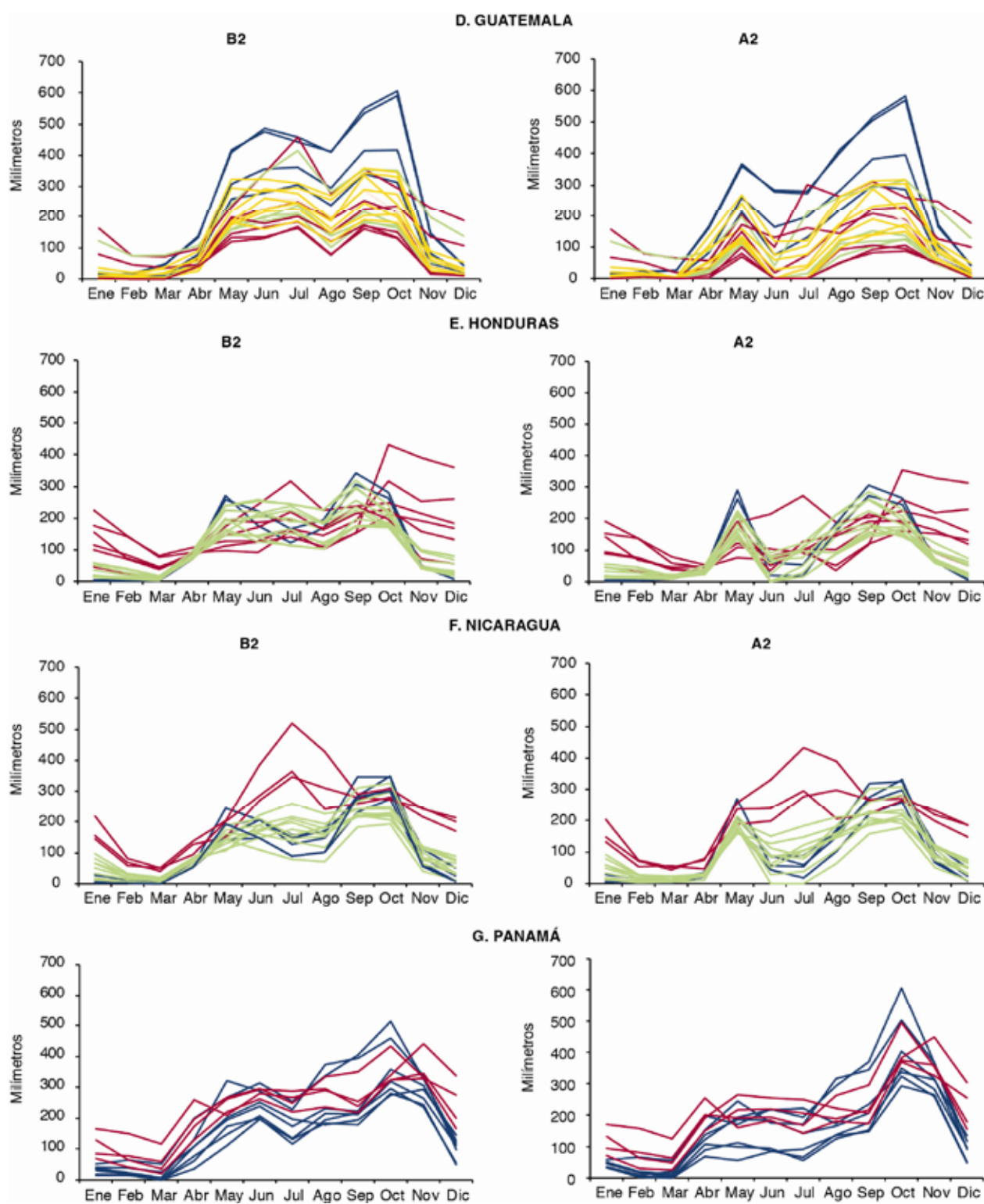
la región, pero algunos de sus departamentos experimentarían nula precipitación durante junio y julio. Honduras mantendría su patrón histórico bimodal con B2 con cierta reducción general de lluvia, pero con A2 se evidencia un desplome del patrón hacia abajo con precipitaciones nulas o cerca a nulas entre junio a julio. En el caso de Nicaragua, el patrón bimodal se mantendría con los dos escenarios de cambio climático pero con reducciones generales de lluvia, especialmente con A2. Finalmente Panamá mantendría su patrón bimodal con un mayor nivel de precipitación entre los meses de septiembre a noviembre, no obstante experimentaría reducciones especialmente en el primer período de mayo a julio, más pronunciado en el A2.

GRÁFICO 19
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL POR PAÍS, DEPARTAMENTO Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
 (En milímetros)



(continúa)

(continuación Gráfico 19)



Fuente: Elaboración propia.

En el cuadro 8 se presenta un resumen del promedio de la precipitación mensual por región geoclimática y país con B2 y A2 al corte 2100. En el gráfico 20 se presentan las tendencias promedio de la precipitación mensual solamente por región geoclimática al corte 2100 con B2 y A2. En ambos casos es evidente que el mayor impacto es en el escenario A2.

Es importante señalar que la información presentada en este reporte parte de varios modelos generales de circulación de clima y dos de los escenarios del IPCC, con sus respectivas incertidumbres, y diferencias metodológicas, por lo tanto los resultados deben interpretarse como tendencias y magnitudes relativas, no como cifras exactas.

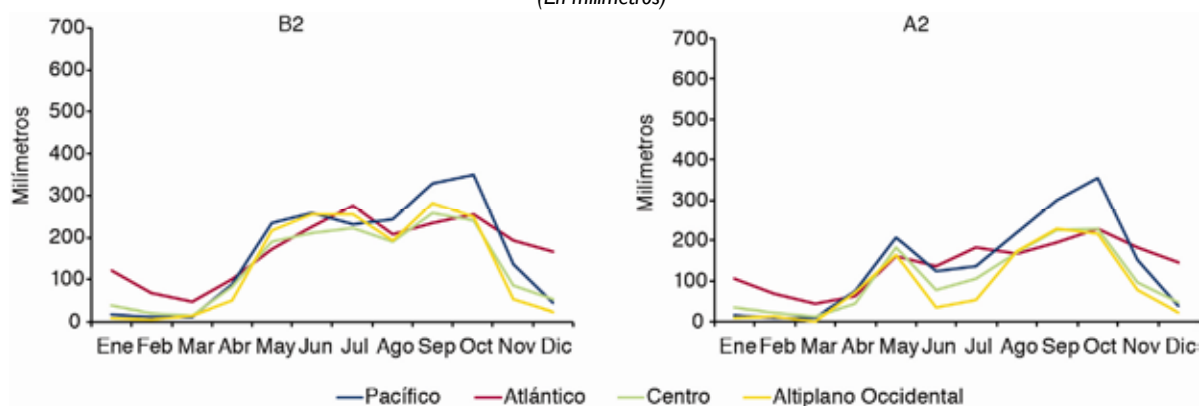
CUADRO 8
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL MEDIA ANUAL, POR PAÍS Y REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
(En milímetros)

País	Región geoclimáticas (mm)							
	Pacífico		Atlántico		Centro		Altiplano Occidental	
	B2	A2	B2	A2	B2	A2	B2	A2
Belice	-	-	177,4	150,9	124,7	101,0	-	-
	-	-	(58,8)	(56,7)	(9,7)	(9,4)	-	-
Costa Rica	201,4	183,8	256,0	213,3	192,9	169,5	-	-
	(53,2)	(54,1)	-	-	(5,9)	(7,9)	-	-
El Salvador	148,8	118,3	-	-	150,5	117,6	-	-
	(4,9)	(5,2)	-	-	(11,8)	(12,9)	-	-
Guatemala	225,9	186,3	119,9	80,1	130,2	78,6	134,1	88,7
	(58,6)	(61,4)	(61,3)	(62,0)	(55,0)	(52,0)	(30,4)	(32,2)
Honduras	127,1	99,6	158,1	129,1	117,5	87,0	-	-
	(6,2)	(3,3)	(27,2)	(28,8)	(18,5)	(17,0)	-	-
Nicaragua	115,7	96,5	219,2	196,8	118,3	99,1	-	-
	(15,8)	(14,1)	(26,1)	(23,4)	(18,7)	(19,8)	-	-
Panamá	171,8	154,9	243,5	218,7	-	-	-	-
	(42,8)	(43,6)	(1,1)	(11,3)	-	-	-	-
Centroamérica	162,4	137,2	171,7	140,2	133,9	104,2	134,1	88,7
	(49,0)	(47,8)	(60,6)	(63,5)	(33,5)	(34,4)	(30,4)	(32,2)

Nota: Los números entre paréntesis representan la desviación estándar.

Fuente: Elaboración propia.

GRÁFICO 20
CENTROAMÉRICA: PRECIPITACIÓN MENSUAL, POR REGIÓN GEOCLIMÁTICA,
ESCENARIOS B2 Y A2, 2100
 (En milímetros)



Fuente: Elaboración propia.

3. CONCLUSIONES

El presente estudio proporciona un análisis desagregado espacial y temporal de las posibles alteraciones de temperatura y precipitación por el cambio climático en Centroamérica en las próximas décadas y hasta 2100. Su finalidad es contribuir al diseño de acciones de adaptación en zonas geográficas específicas. Las estimaciones se basan en dos escenarios de cambio climático del IPCC: el primero más pesimista (A2) y el segundo menos pesimista (B2).

De acuerdo con las estimaciones presentadas, se espera que, en general, la temperatura aumente y la precipitación varíe con una tendencia a disminuirse en la mayor parte de Centroamérica. Los cambios extremos ocurren en el escenario A2. Sin embargo, es importante considerar que el cambio climático podría también modificar los patrones intraanuales de temperatura y precipitación. Lo anterior resulta importante ya que estos patrones determinan en gran medida los períodos agrícolas de siembra y cosecha. Además, ciertos cambios, como la mayor concentración de la precipitación en ciertos períodos del año o en lluvias intensas, complican el manejo del agua y del riego, la prevención de la erosión hídrica y la agricultura de secano.

En el período histórico 1950 a 2000, la mayor parte de los departamentos del Pacífico y del Atlántico tuvieron una temperatura media anual entre 24 °C y 27 °C; y solamente un Departamento, Valle de Honduras, ha tenido un promedio histórico entre 27 °C y 30 °C. Los departamentos de la región Centro presentaron entre 21 °C y 24 °C, con variaciones por altitud principalmente. La región Altiplano Occidental guatemalteco presentó un rango más bajo, entre 15 °C y 18 °C. El mayor rango lo presentaron Guatemala y Costa Rica, seguidos por Honduras y Nicaragua. En cuanto a los patrones intraanuales históricos, se aprecia que en la región Pacífico la temperatura aumentaba los primeros meses del año con un máximo en abril para disminuir gradualmente hasta diciembre. En la región Atlántico alcanzaba su máximo en mayo, se estabilizaba en septiembre y después descendía gradualmente hasta diciembre. La región Centro presentaba un rango más amplio entre departamentos. En el Altiplano Occidental guatemalteco el nivel máximo medio se alcanzaba en marzo.

En el escenario B2, la temperatura media anual aumentaría progresivamente. Al corte 2020, 52 departamentos experimentarían temperaturas entre 24 °C y 27 °C, relativo a los 49 en este rango en el período histórico; y a 2050, serían 45. Además a mitad del siglo, 25 departamentos tendrían temperaturas entre 27 °C y 30 °C. Al corte 2100, la región Centro sufriría el mayor aumento con 3,1 °C, mientras que el menor ocurriría en la región Atlántico con 2,5 °C. El Departamento de Valle en Honduras alcanzaría el rango de 30°C a 33 °C; único en este rango. Para la región Centro se estiman temperaturas entre 24 °C a 27 °C al corte 2100, mientras que en el Altiplano Occidental de Guatemala y el Valle Central de Costa Rica podrían alcanzar entre 18 °C y 21 °C.

En el escenario A2, los incrementos de temperatura serían mayores. Al corte 2020, 56 departamentos experimentarían temperaturas entre 24 °C y 27 °C, y ocho departamentos tendrían temperaturas entre 27 °C y 30 °C relativos a 1 en el período histórico. Al corte 2070, el Departamento

de Valle en Honduras alcanzaría el rango de 30 °C a 33 °C y hacia finales del siglo, otros 11 departamentos la alcanzarían. En el resto de las regiones Pacífico y Atlántico alcanzarían un rango de temperatura entre 27 °C y 30 °C, con excepción de algunos departamentos de El Salvador, Guatemala y Panamá, que tendrían un rango de 24 °C a 27 °C. Con respecto al período histórico, la región Atlántico tendría un aumento de 3,7 °C, pero el Altiplano Occidental guatemalteco habría sufrido el mayor aumento con 4,8 °C. Así en esta zona de mayor altitud, solamente dos departamentos quedarían en el rango de 15 °C a 18 °C y seis en el rango de 18 °C a 21 °C con el Valle Central de Costa Rica. A nivel de países, Guatemala y Costa Rica mantendrían una mayor diversidad de temperaturas, seguidos por Nicaragua y Honduras. Esta variación podría permitir más opciones de adaptación en la agricultura, por ejemplo.

En el análisis intraanual de los impactos potenciales en la temperatura media por país y región geoclimática destaca el aumento progresivo de la temperatura en todos los meses. Los cambios de los patrones intraanuales en sí serían menores: en Belice, El Salvador, Guatemala y Honduras, la temperatura aumentaría más entre abril y octubre según el escenario A2.

En cuanto a la precipitación, de 1950 a 2000, la mayor parte de los departamentos del Atlántico experimentaron un promedio anual de precipitación mensual entre 155 mm y 290 mm. Los niveles de la región Pacífico fueron menores, en un rango entre 110 mm y 200 mm, seguidos por los de la región Altiplano Occidental guatemalteco en el rango de 110 mm a 155 mm. Los menores niveles ocurrieron en la región Centro, entre 65 mm y 155 mm. Una característica de la precipitación en Centroamérica es su gran variabilidad interanual.

Los patrones de precipitación observados en la segunda mitad del siglo XX demuestran que la región 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 a octubre y una disminución en julio, la cual se conoce como canícula o veranillo. Temporales asociados a la ocurrencia de ciclones tropicales son factores importantes de la precipitación observada. Algunos departamentos del Atlántico no tuvieron meses sin lluvia. De todas formas, la precipitación aumentaba a partir de abril, hasta alcanzar su punto máximo en julio, con canícula en agosto y septiembre, más otro aumento en octubre, hasta disminuir en los últimos dos meses del año. En las regiones Centro y Altiplano Occidental guatemalteco se alcanzaban dos máximos de lluvia (junio y septiembre) con un período de canícula intermedio; pero el Centro recibía mayores niveles de diciembre a febrero.

Con los escenarios de cambio climático, el primer análisis realizado en la iniciativa ECCCA preveía que la precipitación anual acumulada a nivel de país podría sufrir variaciones entre -0,7% y 6,2% (con B2) y entre -3,5% y 1,8% (con A2) a 2020 respecto al período 1980 a 2000. No obstante, hacia el corte 2050 se estima habría reducciones en ambos escenarios, las cuales se exacerbarían el resto del siglo, especialmente con A2. A 2100 se estima habría cambios de entre -2,9% y -17,4% (con B2) y -17,5 y -34,9% (con A2). Debe hacerse notar que los modelos de circulación general del clima tienen mayor dificultad para modelar la precipitación que la temperatura y los modelos utilizados arrojan resultados de precipitación variables. No obstante, se puede detectar tendencias generales. Las menores reducciones ocurrirían en Panamá y Costa Rica. Todos los modelos arrojan que en A2 habría mayores reducciones o menores aumentos que en B2. Los aumentos estimados son menores que las reducciones, especialmente en A2.

Durante este siglo bajo el escenario B2, los niveles de lluvia tenderían a disminuir ligeramente o permanecerían estables en las cuatro regiones geoclimáticas. Al corte de 2100, la región Atlántico sufriría la mayor reducción, -11,2 mm promedio mensual (cambio porcentual de -6.1%). El Altiplano Occidental guatemalteco tendría un aumento de 0,5 mm promedio mensual (cambio porcentual de 0,4%).

El escenario A2 presenta ciertas fluctuaciones en precipitación en las próximas dos décadas dependiendo de la región, pero establece una tendencia a la baja que se exagera con el avance del siglo. Así, al corte de 2020, 18 departamentos tendrían precipitaciones en un rango de 65 mm-110 mm en relación a los 11 departamentos del período histórico, mientras que dos departamentos, pertenecientes al corredor seco bajarían al rango de 20 mm-65 mm; no siendo este un rango presente históricamente. Al corte 2050 ya 26 departamentos se encontrarían en el rango de 65 mm-110 mm y cuatro departamentos del corredor seco bajaría al rango de 20 mm-65 mm. En este corte solo seis departamentos estarían en el rango de lluvia más alto de 245 mm-290 mm donde estaban 11 en el período histórico. Finalmente al corte 2100, 31 departamentos presentarían niveles de lluvia en el rango 65 mm-110 mm y 11 departamentos dentro del rango de 20 mm-65 mm algunos encuentran en el corredor seco de Guatemala, Honduras y Nicaragua. Para este corte ya ningún departamento tendría precipitaciones en el nivel de 245 mm-290 mm. El Altiplano Occidental guatemalteco experimentaría la mayor reducción de precipitación con -44,9 mm promedio mensual (cambio porcentual de -33,6%), mientras que la región Pacífico tendría la menor reducción con -34,9 mm promedio mensual (cambio porcentual de -20,3%).

Así, en el escenario A2, los cambios en precipitación acumulada por mes serían más extremos y el cambio en el patrón intraanual sería diferente al previsto con B2. En la región Atlántico el promedio mensual de lluvia acumulada disminuiría hasta el rango de 155 mm y 245 mm a 2100. En la región del Pacífico, la reducción dejaría la lluvia en un rango de 65 mm y 155 mm promedio anual. En las regiones Centro y Altiplano Occidental guatemalteco algunos departamentos tendrían un rango de 20 mm a 65 mm promedio anual.

En cuanto al patrón intraanual de precipitación de toda la región, se estima que con B2 la lluvia aumentaría al inicio de la temporada en las próximas décadas, posiblemente con un inicio más temprano. Al mismo tiempo, especialmente en la segunda mitad del siglo, bajaría el nivel de precipitación posterior a la canícula, perdiendo la característica bimodal en algunos países. El mayor nivel de lluvia habría cambiado del período post canícula al período pre canícula al final del siglo, con excepción de Nicaragua. En Belice y Costa Rica el nivel máximo en 2100 pasaría de octubre a mayo, mientras que en El Salvador y Guatemala pasaría de septiembre a mayo, en Honduras de septiembre a junio, en Panamá de octubre a junio y en Nicaragua de junio a mayo.

Con A2 se estima que en las próximas décadas el patrón bimodal de precipitación podría exacerbarse, con aumentos en los dos períodos de altas lluvias y disminuciones durante la canícula. Posteriormente, las lluvias del primer período se reducirían progresivamente, dejando un máximo anual único entre octubre y noviembre. En el caso de Belice, la evolución del patrón sería diferente porque la canícula ha sido poco severa; con A2 la lluvia se reduciría al principio de la temporada y aun más durante la canícula, para aumentar en el período post canícula. Panamá podría 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. Así pues, los meses de lluvia acumulada máxima cambiarían respecto del promedio histórico: de septiembre a octubre en Belice, El Salvador,

Guatemala y Honduras; de junio a octubre en Nicaragua y de octubre a agosto en Panamá. En Costa Rica continuaría ocurriendo en octubre.

Los patrones intraanuales de las regiones geoclimáticas sufrirían cambios, principalmente con el A2. En el escenario B2 hacia el final de siglo, el patrón bimodal del Pacífico se mantendría, pero los meses de lluvia máxima serían mayo a junio y octubre, y la canícula podría ocurrir en julio y agosto. La precipitación disminuiría en algunos departamentos. En el escenario A2, la lluvia del primer período sería menor y el máximo ocurriría en mayo, con una canícula más seca en junio y julio, y el mes más lluvioso sería octubre. Algunos departamentos podrían tener nula precipitación entre enero y marzo. La región del Atlántico presentaría mayor diversidad de patrones de precipitación que en el período histórico. En general, la lluvia disminuiría durante todo el año y la temporada de lluvias sería más variada, especialmente con A2, en el cual algunos departamentos tendrían su nivel máximo en junio, en contraste con otros, que no tendrían lluvia ese mes. En la región Centro, el patrón histórico bimodal continuaría con B2 pero con menores niveles de lluvia. Bajo el escenario A2, el patrón bimodal se modificaría, alcanzando un primer máximo muy reducido en mayo, una canícula en junio y julio, en la cual algunos departamentos experimentarían nula precipitación y, finalmente, lluvias máximas en septiembre y octubre. En el Altiplano Occidental guatemalteco el patrón bimodal se mantendría relativamente estable con B2, pero con A2 el primer máximo se reduciría significativamente, la canícula sería mucho más pronunciada y algunos departamentos tendrían nula o muy baja precipitación. Habría una segunda temporada de lluvia con máximos en septiembre y octubre en ambos escenarios.

En resumen, este estudio ilustra que los escenarios de cambio climático generarían diferentes impactos en temperatura y precipitación por países, departamentos y regiones geoclimáticas identificadas. En general, la temperatura en la región ya demuestra aumentos en las últimas décadas y se experimentarían aumentos progresivos década por década, los cuales serían significativamente mayores si se mantiene las alzas en emisiones globales confirmando un escenario parecido al A2. Los escenarios arrojan resultados más complejos para la precipitación, con menores cambios con B2 y mayores probabilidades de reducciones severas con A2 a mediano plazo, aunque con ciertas fluctuaciones positivas y negativas en las próximas décadas.

La información presentada por departamento y región geoclimática, con corte de años futuros y por patrón intraanual es una herramienta útil para afinar el análisis de impactos potenciales en agricultura, salud y energía y para diseñar acciones de adaptación en zonas específicas. Esta información ha sido usada en otros dos estudios de esta serie, el de indicadores de aridez y en el de impactos potenciales en la generación de hidroelectricidad. Es importante subrayar que el diseño de medidas de reducción de riesgos asociados al clima requiere de análisis basados en datos de clima locales, de cada país y de la región centroamericana. Varios países han iniciado esfuerzos para expandir y mejorar su red de estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas y la formación de profesionales en climatología. Dichos esfuerzos deben priorizarse y ampliarse en el futuro.

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 (Comisión Económica para América Latina y el Caribe) (2010), *La economía del Cambio Climático en América Latina y el Caribe: Síntesis 2010* (LC/G.2474), Santiago de Chile.
- CEPAL (2009), *La economía del Cambio Climático en Chile. Síntesis* (LC/W.288). Santiago de Chile
- CEPAL, CCAD/SICA (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo/Sistema de la Integración Centroamericana), UKAID (UK Department for International Development) y DANIDA (Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca) (2011), *La economía del cambio climático en Centroamérica. Reporte técnico 2011*, Organización de la Naciones Unidas, CEPAL, LC/MEX/L.1016.
- CEPAL/DFID (UK Department for International Development) (2009), *La economía del cambio climático en Centroamérica. Informe de factibilidad* (LC/MEX/L.897), México, D.F.
- CEPAL/GTZ (Sociedad Alemana de Cooperación Técnica)/ Gobierno de Dinamarca (2009), *Cambio Climático y desarrollo en América Latina y el Caribe. Reseña 2009* (LC/W.232), Santiago de Chile.
- CEPAL/UKAID/CCAD/SICA, *La economía del cambio climático en Centroamérica. Síntesis 2010* (LC/MEX/L.978), México, D. F.
- 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. y J. Barrantes (1996), «The Central American temporal: A long-lived tropical rain-producing system», *Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos*, vol. 3, N° 2.
- 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, Estados Unidos.
- Hijmans, R. y otros (2010), «WorldClim-Global Climate Data» [en línea] <<http://www.worldclim.org/>>.
- _____ (2005), «Very High resolution interpolated climate surfaces for global land areas», *International Journal of Climatology*, vol. 25, N° 15.
- 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*, M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden y C. E. Hanson (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido.
- Ramírez, P. (1983), «Estudio meteorológico de los veranillos en Costa Rica», *Nota de Investigación (Costa Rica)*, vol. 5.
- Schultz, D. M., W. E. Bracken y L. F. Bosart (1998), «Planetary- and synoptic-scale signals associated with Central American cold surges», *Monthly Weather Review*, N° 126.
- Trenberth, K. y D. Stepaniak (2001), «Índices of El Niño evolution», *Journal of Climate*, vol. 14, N° 8.
- UEA (University of East Anglia) (2010), «Climatic Research Unit» [en línea] <<http://www.cru.uea.ac.uk/>>.

Esta publicación es un producto de la iniciativa “La Economía del Cambio Climático en Centroamérica”, coordinada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), con las Autoridades de Ambiente y su Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD), los Ministerios de Hacienda o Finanzas y su Consejo de Ministros de Hacienda o Finanzas de Centroamérica, Panamá y República Dominicana (COSEFIN) y la Secretaría de Integración Económica Centroamericana (SIECA) del Sistema de Integración Centroamericana (SICA). El proyecto cuenta con el financiamiento de UKaid del Ministerio para el Desarrollo Internacional (DFID) del Gobierno Británico y de la Agencia de Cooperación para el Desarrollo de Dinamarca (DANIDA).

